

UNIVERSIDADE DE LISBOA

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO



ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

CONCEÇÕES E PRÁTICAS DE PROFESSORES DE
BIOLOGIA E GEOLOGIA DO ENSINO SECUNDÁRIO

Paulo Jorge de Carvalho Correia de Almeida

DOUTORAMENTO EM EDUCAÇÃO

Especialidade: Didática das Ciências

2014

UNIVERSIDADE DE LISBOA

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO



ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

CONCEÇÕES E PRÁTICAS DE PROFESSORES DE
BIOLOGIA E GEOLOGIA DO ENSINO SECUNDÁRIO

Paulo Jorge de Carvalho Correia de Almeida

Tese orientada pela Professora Doutora Cecília Galvão Couto, especialmente elaborada para a obtenção do grau de doutor em Educação na especialidade de Didática das Ciências

2014

Aos meus pais.

NOTA PRÉVIA

Este trabalho encontra-se redigido segundo as normas do Acordo Ortográfico (AO) de 1990 que entrou em vigor em 2009. No sentido de evitar a inclusão de textos com grafias diferentes, tomámos a decisão de reescrever as citações retiradas de publicações portuguesas anteriores à entrada em vigor do AO, respeitando as normas deste mesmo acordo.

Todas as citações de textos originais em língua estrangeira foram por nós traduzidas para língua portuguesa.

AGRADECIMENTOS

Após um percurso pessoal tão intenso em termos de aprendizagens e, simultaneamente, tão exigente, não posso deixar de agradecer a todos os que contribuíram para a concretização deste trabalho.

À minha orientadora, Professora Cecília Galvão, por ter contribuído ao longo de tantos anos para o meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço-lhe a amizade, a paciência, o interesse, o encorajamento, o acompanhamento e orientação do trabalho desenvolvido e, acima de tudo, a confiança que sempre depositou em mim!

Aos professores participantes da investigação, particularmente, à “Telma” e à “Alcina” e respetivos alunos, por ter sido tão bem recebido e acarinhado nas suas aulas. Obrigado pela vossa coragem em aceitar este desafio tão complexo!

Às Professoras Isabel Neves e Teresa Oliveira pelos sábios conselhos que me deram durante a discussão do projeto de doutoramento.

À minha querida Mãe, por todo o apoio, dedicação ao longo de uma vida e pelo carinho e amor que sempre me deu.

Ao Orlas pela companhia, dedicação, confiança e partilha de saberes. Ah, e por toda a paciência em ter esperado pela conclusão do trabalho e pela ajuda técnica no processo final.

Aos meus irmãos, pela amizade e carinho.

À Manuela Jacinto, pela partilha de um percurso tão longo mas ao mesmo tempo tão intensamente vivido. Agradeço as conversas, as gargalhadas, os momentos altos (e os baixos, que, também, fazem parte do processo) e pela ajuda na fase final, quando a distância de Portugal me impediram de tratar da entrega pessoal da tese.

À Mónica Baptista pela amizade e estímulo constante.

Ao Pedro Reis e Sofia Freire pela disponibilidade e amizade.

À Cláudia Faria por me ter ajudado, numa fase inicial, a destrinçar alguns percursos e pela crítica construtiva.

À Fundação para a Ciência e a Tecnologia, pelo apoio financeiro concedido.

Ao Ministério da Educação e Ciência pelas condições que me proporcionou através da concessão do estatuto de equiparação a bolseiro, sem as quais este trabalho não teria sido concluído.

A presente tese contou com o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através da bolsa de doutoramento com a referência SFRH/BD/43438/2008.

RESUMO

Estudos recentes apontam para o papel inegável da argumentação na construção do conhecimento e a sua importância numa educação científica de qualidade.

Sendo os docentes os principais decisores na implementação do currículo, considerámos estudar o problema: Que concepções possuem os professores de Biologia e Geologia, do ensino secundário, sobre argumentação científica e como implementam as suas práticas pedagógicas orientadas para o desenvolvimento intencional da argumentação científica pelos alunos?

Foi desenvolvida uma investigação de índole interpretativa, recorrendo a uma metodologia mista, estruturada em duas fases. A fase I, com duas etapas: a primeira consistiu na aplicação de um questionário, para analisar concepções de professores, sobre argumentação científica e natureza da ciência e a segunda, na formação de um grupo focal para aprofundar os dados obtidos no questionário. Na fase II, duas professoras constituíram-se como estudos de caso. Durante um ano letivo, observámos as práticas implementadas. Como fontes de dados foram utilizados: questionários, entrevistas (em grupo e individuais), registos das aulas e documentos diversos.

Em termos das concepções, os dados evidenciaram que os docentes: (1) atribuíram significados diferentes ao conceito de argumentação científica; (2) valorizaram o papel da argumentação no ensino e aprendizagem das ciências; (3) não revelaram um posicionamento epistemologicamente situado e coerente em relação à natureza da ciência.

Sobre as práticas, as evidências apontam, essencialmente, para: (1) um discurso centrado no professor; (2) o recurso a padrões interativos tradicionais e abordagem comunicativa interativa e de autoridade e (3) uso, pouco frequente, de práticas epistémicas no domínio da avaliação do conhecimento.

Foram apontados diversos constrangimentos à implementação de práticas de argumentação e recolhidas evidências que sustentam a importância da reflexão partilhada no emergir de uma consciência crítica sobre as próprias práticas e a necessidade de reconceptualização dos processos de ensino e de aprendizagem indispensável à implementação da argumentação científica, em contexto escolar.

Palavras-chave: Argumentação científica, Natureza da ciência, Concepções e práticas de professores, Ensino da biologia e geologia, Desenvolvimento profissional.

ABSTRACT

Recent studies point to the undeniable role of argumentation in knowledge construction and its importance in the quality of science education.

Considering teachers as key decision makers in the implementation of the curriculum, we have considered studying the problem: What conceptions do high school teachers of Biology and Geology have regarding scientific argumentation and how do they implement their teaching practice so as to develop student's scientific argumentation?

In this investigation, based on an interpretative nature, a mixed methodology was used, structured in two phases. In Phase I, with two stages, a questionnaire was applied to analyze teachers' conception of scientific argumentation and of the nature of science. A focus group was also formed in order to develop the data obtained in the questionnaire. In Phase 2, we followed two case studies. During a school year, we observed the practices implemented. Questionnaires, individual and group interviews, notes taken during classes and diverse documents were used as data source.

In terms of conceptions, the data showed that teachers: (1) have different meanings of what scientific argumentation is; (2) value the role of argumentation in teaching and learning processes; (3) did not reveal a position epistemologically situated and consistent about the nature of science.

In terms of conceptions, the obtained data showed that teachers: (1) give different meanings to the scientific argumentation concept; (2) value the role of argumentation in the teaching and learning process; (3) did not reveal an epistemologically situated and consistent position about the nature of science.

Concerning teaching practices, evidence points primarily to: (1) a teacher-centered speech; (2) the use of traditional interactive patterns and of an interactive-authoritative communicative approach; (3) an infrequent use of epistemic practices on the domain of knowledge evaluation.

Various constraints were mentioned concerning the implementation of argumentation practice and the collected evidence supports the importance of shared reflection to contribute to a critical awareness of teachers' practice and also the need for reconceptualization of the teaching and learning process, which is necessary to implement argumentation practice.

Keywords: Scientific argumentation, Nature of science, Teachers' conceptions and practices, Biology and geology teaching, Professional development.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 – Introdução	1
1.1 Contextualização teórica e pertinência do estudo no âmbito da educação em ciência.....	1
1.2 Problemática e questões de investigação	9
1.3 Organização geral da tese	12
CAPÍTULO 2 – Referencial Teórico	15
Secção I – Ciência e argumentação	
2.1 Perspetivas de ciência	16
2.1.1 A conceção herdada.....	17
2.1.2 Das crises da conceção herdada a uma nova filosofia da ciência...	24
2.1.3 Estudos sociais de ciência	43
2.1.4 Conceções de professores sobre ciência	51
2.2 Argumentação	56
2.2.1 Apontamento histórico sobre argumentação e retórica	56
2.2.2 Correntes epistemológicas sobre argumentação	60
2.2.2.1 Toulmin e os usos do argumento	61
2.2.2.2 A nova retórica de Perelman e Olbrechts-Tyteca	67
2.2.2.3 Perspetivas contemporâneas – breve referência	73
2.2.3 A argumentação como prática epistémica e social em ciência	79
Secção II – Argumentação e educação em ciência	
2.3 Acerca de alguns conceitos chave	87
2.4 A argumentação na promoção da literacia científica	95
2.5 A importância da argumentação no contexto do ensino e da aprendizagem das ciências	103
2.6 Argumentação, linguagem e comunicação em aulas de ciências	106
2.6.1 Argumentação e linguagem na educação em ciência	107
2.6.2 Argumentação e comunicação nas aulas de ciências	114
2.7 A argumentação nos currículos portugueses da disciplina de Biologia e Geologia	121
2.8 O papel das tarefas, das atividades, dos alunos e do professor em aulas de ciências promotoras da argumentação	126

Secção III – Argumentação e desenvolvimento pessoal e profissional de professores

2.9 O conhecimento pedagógico de conteúdo	137
2.10 A reflexão no desenvolvimento pessoal e profissional docente	144

CAPÍTULO 3 – Metodologia 151

3.1 Introdução	151
3.2 Natureza paradigmática	152
3.2.1 Pressupostos ontológicos e epistemológicos	153
3.2.2 Abordagem metodológica	154
3.2.2.1 Abordagem exploratória	155
3.2.2.2 Abordagem fenomenológica	156
3.3 Opções metodológicas – Uma metodologia mista de investigação	157
3.3.1 As metodologias mistas	158
3.3.2 Tipo de desenho utilizado	159
3.4 Caracterização das fases de investigação	163
3.4.1 Fase I – Etapa 1	163
3.4.1.1 Construção e estudo piloto do questionário	164
3.4.1.2 População e amostra	171
3.4.1.3 Recolha de dados	178
3.4.2 Fase I – Etapa 2	179
3.4.2.1 Participantes do grupo focal	180
3.4.2.2 Procedimentos adotados na condução do grupo focal	185
3.4.3 Fase II	187
3.4.3.1 A seleção dos casos	188
3.4.3.2 Procedimentos adotados nos estudos de caso	192
3.4.3.3 Fontes de dados	195
3.5 Análise de dados	200
3.5.1 Análise de dados quantitativos	201
3.5.2 Análise de dados qualitativos	202
3.5.3 Critérios de validade do estudo	206
3.5.4 A dimensão ética da investigação	209

CAPÍTULO 4 – Apresentação e discussão de resultados 211

4.1 Fase I	214
4.1.1 Concepções relativas à argumentação científica.....	214
4.1.1.1 Contexto da produção do conhecimento	214
4.1.1.2 Contexto escolar	246
4.1.2 Concepções relativas à natureza da ciência	258
4.1.2.1 Natureza do conhecimento científico	259
4.1.2.2 Produção do conhecimento científico	272
4.1.2.3 Validade e fiabilidade do conhecimento científico	280
4.1.2.4 Os cientistas e a produção do conhecimento científico	285
4.1.3 Concepções relativas aos programas de Biologia e Geologia	291
4.1.3.1 Fundamentos	293
4.1.3.2 Potencialidades	294
4.1.3.3 Constrangimentos	296
4.1.3.4 Componente de Biologia / Componente de Geologia	299
4.1.4 Concepções sobre práticas promotoras do desenvolvimento de argumentação científica pelos alunos	301
4.1.4.1 Na perspetiva do ensino	303
4.1.4.2 Na perspetiva da aprendizagem	315
4.1.4.3 Tarefas e atividades	325
4.1.4.4 Formação e desenvolvimento pessoal e profissional docente ...	332
4.2 Fase II	339
4.2.1 O caso Telma	339
4.2.1.1 Tarefas e atividades	340
4.2.1.2 O papel da professora e dos alunos	353
4.2.1.3 A argumentação científica nas aulas	376
4.2.1.4 Perspetivas veiculadas de ciência e argumentação	386
4.2.1.5 Desenvolvimento pessoal e profissional	396
4.2.2 O caso Alcina	398
4.2.2.1 Tarefas e atividades	400
4.2.2.2 O papel da professora e dos alunos	411
4.2.2.3 A argumentação científica nas aulas	434
4.2.2.4 Perspetivas veiculadas de ciência e argumentação	447
4.2.2.5 Desenvolvimento pessoal e profissional	459

CAPÍTULO 5 – Considerações finais 463

5.1 Concepções de professores	463
5.1.1 Acerca do conceito de argumentação e do seu papel no ensino da Biologia e Geologia	463
5.1.2 Acerca da natureza da ciência	467

5.2 Práticas de professores	470
5.2.1 Caracterização das práticas	470
5.2.2 Dos constrangimentos da prática	475
5.2.3 Contributos da reflexão sobre as práticas no desenvolvimento pessoal e profissional dos docentes	478
5.3 Limitações do estudo	480
5.4 Sugestões para futuras investigações	482
5.5 Um breve apontamento final	483
APÊNDICES	487
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	621
ANEXOS	651

ÍNDICE DE TABELAS

1.	<i>Perspetivas sobre o papel da linguagem em ciência e no ensino das ciências (Adaptado de Carlsen, 2007).....</i>	111
2.	<i>As quatro classes de abordagem comunicativa (Mortimer, & Scott, 2002, 2003).</i>	116
3.	<i>Tipologia, função e caracterização de perguntas, segundo a classificação de Blosser (2000).....</i>	119
4.	<i>Práticas epistémicas relacionadas com a produção do conhecimento (adaptado de Lima-Tavares, 2009).....</i>	131
5.	<i>Práticas epistémicas relacionadas com a comunicação do conhecimento (adaptado de Lima-Tavares, 2009)</i>	131
6.	<i>Práticas epistémicas relacionadas com a avaliação do conhecimento (adaptado de Lima-Tavares, 2009).....</i>	132
7.	<i>Distribuição e percentagem relativa dos docentes de Biologia e Geologia pelas áreas geográficas (clusters)</i>	173
8.	<i>Número de questionários enviados e número total de escolas participantes, por área geográfica (cluster), na amostra inicial</i>	174
9.	<i>Número de questionários validados e de escolas participantes, por área geográfica (cluster)</i>	175
10.	<i>Caracterização da amostra, em função do sexo dos participantes</i>	176
11.	<i>Características sociodemográficas dos participantes no grupo focal</i>	182
12.	<i>Distribuição, por docente, das aulas observadas</i>	195
13.	<i>Nomenclatura para identificação da fonte de informação, na apresentação dos resultados</i>	212
14.	<i>Principais características de um ‘bom’ argumento</i>	135
15.	<i>Motivos apresentados pelos professores do grupo focal para justificar a importância da argumentação científica em contexto escolar</i>	248
16.	<i>Exemplos de respostas dos professores à tarefa ‘identificação de provas’</i>	254
17.	<i>Síntese de resultados obtidos nos itens da secção A, da parte II, do questionário</i>	261
18.	<i>Algumas citações proferidas no grupo focal sobre as tipologias do conhecimento científico</i>	267
19.	<i>Síntese de resultados obtidos em itens da secção B, da parte II, do questionário</i>	273
20.	<i>Síntese de resultados obtidos em itens da secção C, da parte II, do questionário</i>	280
21.	<i>Síntese de resultados obtidos em itens da secção D, da parte II, do questionário</i>	285

22	<i>Síntese dos principais resultados relativos à categoria 'Concepções relativas à natureza da ciência'.....</i>	289
23	<i>Conteúdos conceptuais abordados ao longo das aulas de Telma</i>	340
24	<i>Lista de tarefas das aulas de Telma.....</i>	341
25	<i>Distribuição das perguntas das tarefas das aulas de Telma por níveis de categorias (Blosser, 2000)</i>	346
26	<i>Tempo dedicado ao trabalho em grupo, em função do tempo total de cada aula de Telma, ao longo das unidades didáticas de Geologia e Biologia</i>	349
27	<i>Caracterização das aulas de Telma em função do tipo de discurso</i>	353
28	<i>Caracterização das aulas de Telma em função do tipo de discurso (sem contabilizar o período relativo ao trabalho em grupo)</i>	354
29	<i>Tempo de fala da professora, dos alunos e de pausas em quatro aulas de Telma</i>	356
30	<i>Número total de perguntas orais colocadas por Telma e pelos alunos ao longo de quatro aulas</i>	358
31	<i>Sistema de categorização, com exemplos, das perguntas orais de Telma (Blosser, 2000)</i>	360
32	<i>Distribuição das perguntas orais de Telma por categorias (Blosser, 2000)</i>	360
33	<i>Categorização e exemplos das perguntas orais colocadas pelos alunos de Telma (Jesus, 1991)</i>	362
34	<i>Frequências relativas dos padrões interativos patentes nos episódios de conteúdo de quatro aulas de Telma</i>	369
35	<i>Frequências relativas das classes de abordagem comunicativa identificadas nos episódios de conteúdo de quatro aulas de Telma</i>	373
36	<i>Exemplos de práticas epistémicas no domínio da produção do conhecimento retirados das aulas de Telma</i>	378
37	<i>Exemplos de práticas epistémicas no domínio da comunicação do conhecimento retirados das aulas de Telma</i>	379
38	<i>Exemplos de práticas epistémicas no domínio da avaliação do conhecimento retirados das aulas de Telma</i>	380
39	<i>Frequências absolutas de sequências /excertos das aulas de Telma, quanto ao tipo de práticas epistémicas explicitadas no discurso dos alunos</i>	381
40	<i>Síntese do discurso de Telma enquadrado na categoria desenvolvimento pessoal e profissional</i>	397
41	<i>Conteúdos conceptuais abordados ao longo das aulas de Alcina</i>	399

42	<i>Lista de tarefas das aulas de Alcina</i>	400
43	<i>Distribuição das perguntas das tarefas das aulas de Alcina, por níveis de categorias (Blosser, 2000)</i>	405
44	<i>Distribuição das perguntas das tarefas das aulas de Alcina, por níveis de categorias (Blosser, 2000)</i>	408
45	<i>Caracterização das aulas de Alcina em função do tipo de discurso</i>	411
46	<i>Caracterização das aulas de Alcina em função do tipo de discurso (sem contabilizar o período relativo ao trabalho em grupo)</i>	412
47	<i>Tempo de fala da professora, dos alunos e de pausas em quatro aulas de Alcina</i>	413
48	<i>Número total de perguntas orais colocadas por Alcina e pelos alunos ao longo de quatro aulas</i>	417
49	<i>Sistema de categorização, com exemplos, das perguntas orais da professora (Blosser, 2000)</i>	418
50	<i>Distribuição das perguntas orais de Alcina por categorias (Blosser, 2000)</i>	419
51	<i>Categorização e exemplos das perguntas orais colocadas pelos alunos de Alcina</i>	420
52	<i>Frequências relativas dos padrões interativos patentes nos episódios de conteúdo de quatro aulas de Alcina</i>	427
53	<i>Frequências relativas das classes de abordagem comunicativa identificadas nos episódios de conteúdo de quatro aulas de Alcina</i>	431
54	<i>Exemplos de práticas epistémicas no domínio da produção do conhecimento retirados das aulas de Alcina</i>	440
55	<i>Exemplos de práticas epistémicas no domínio da comunicação do conhecimento retirados das aulas de Alcina</i>	441
56	<i>Exemplos de práticas epistémicas no domínio da avaliação do conhecimento retirados das aulas de Alcina</i>	442
57	<i>Frequências absolutas de sequências /excertos das aulas de Alcina, quanto ao tipo de práticas epistémicas explicitadas no discurso dos alunos</i>	444
58	<i>Síntese do discurso de Alcina enquadrado na categoria desenvolvimento pessoal e profissional</i>	461

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Padrão de Argumento de Toulmin (PAT) (Adaptado de Toulmin, 2006)....	63
2.	Metáfora da esfera para classificar e hierarquizar as teorias científicas (Duschl, 1997)	82
3.	Diagrama simplificado de Giere (1996) (Adaptado de Driver, Newton, & Osborne, 2000)	84
4.	Processos de produção de conhecimento científico e suas relações (Jiménez- Aleixandre, 2011)	89
5.	Contributos da argumentação para a educação científica (Jiménez- Aleixandre, & Erduran, 2008)	103
6.	Domínios do conhecimento do professor (Carlsen, 1999)	140
7.	Componentes do Conhecimento Pedagógico de Conteúdo para o ensino das ciências (Magnusson, Krajcik, e Borko, 1999)	141
8.	Representação esquemática do plano de investigação	161
9.	Desenho incorporado (<i>Embedded design</i>) (Creswell, & Clark, 2007)	162
10.	Componentes da análise de dados: Modelo interativo (Miles, & Huberman, 1994)	200
11.	Mapa semântico relativo ao bloco temático/categoria – ‘Concepções de professores sobre argumentação científica’	215
12.	Frequências relativas das respostas ao item IV do questionário, por categoria	218
13.	Frequências relativas das respostas ao item 41. do questionário	226
14.	Frequências relativas das respostas ao item 49. do questionário	234
15.	Argumento desenvolvido por Hélder, esquematizado segundo o PAT	239
16.	Argumento desenvolvido por Alcina, esquematizado segundo o PAT	240
17.	Frequências relativas das respostas aos itens 36. e 37. do questionário...	247
18.	Frequências relativas das respostas aos itens 39. e 47. do questionário ..	249
19.	Mapa semântico relativo ao bloco temático/categoria – ‘Concepções de professores sobre a natureza da ciência’	260
20.	Mapa semântico relativo ao bloco temático/categoria – ‘Concepções sobre os programas do ensino secundário e a argumentação científica’	292
21.	Frequências relativas das respostas ao item 53. do questionário	295
22.	Mapa semântico relativo ao bloco temático/categoria – ‘Concepções sobre práticas promotoras do desenvolvimento da argumentação científica pelos alunos’	302
23.	Frequências relativas das respostas ao item 51. do questionário.....	304
24.	Frequências relativas das respostas aos itens 43. e 54. do questionário ..	309

25.	Frequências relativas das respostas ao item 52. do questionário	315
26.	Frequências relativas das respostas aos itens 44. e 50. do questionário	317
27.	Frequências relativas das respostas ao item 48. do questionário	323
28.	Frequências relativas das respostas ao item 55. do questionário	326
29.	Frequências relativas das respostas ao item 59. do questionário	328
30.	Frequências relativas das respostas aos itens 57. e 58. do questionário ..	332

ACRÓNIMOS e SIGLAS

CPC – Conhecimento pedagógico de conteúdo

DES – Departamento do Ensino Secundário

DGE – Direção-Geral de Educação

DGIDC – Direção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular

ESERA – European Science Education Research Association

GEPE – Gabinete de Estatística e de Planeamento da Educação

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico~

MEC – Ministério da Educação e Ciência

NARST – National Association of Research in Science Teaching

NSQAA – Nature of Science as Argument Questionnaire

PAT – Padrão argumentativo de Toulmin

PEE – Projeto Educativo de Escola

PISA – Programme for International Student Assessment

SPSS – Statistical Package for the Social Sciences

Mas então foi José Arcadio Buendía quem tomou a iniciativa e tentou fazer vacilar a fé do padre com artimanhas racionalistas. Em certa ocasião em que o padre Nicanor levou para junto do castanheiro um tabuleiro e uma caixa de pedras para o convidar a jogar às damas, José Arcadio Buendía não aceitou porque, segundo disse, nunca conseguiu compreender o sentido de uma contenda entre dois adversários que estivessem de acordo quanto aos princípios. O padre Nicanor, que nunca tinha encarado por esse lado o jogo das damas, não pôde voltar a jogá-lo.

Gabriel García Márquez, Cem anos de Solidão

CAPÍTULO 1.

INTRODUÇÃO

Com este capítulo introdutório enquadramos o estudo realizado, contextualizando-o teoricamente e apresentamos a sua pertinência na educação em ciência, para além de focar as motivações pessoais que levaram à escolha da temática abordada. Em seguida, traçamos a problemática em que o estudo se insere, identificamos o problema do estudo e as questões de investigação que o nortearam. Por fim, descrevemos o plano geral da tese, onde se apresentam os assuntos abordados em cada um dos capítulos que a constituem.

1.1 Contextualização teórica e pertinência do estudo no âmbito da educação em ciência

A complexidade é uma característica da atual sociedade do conhecimento sendo nela predominantes os avanços no domínio científico-tecnológico. Segundo Hargreaves (2003), essa mesma sociedade é caracterizada por três eixos ou dimensões: (1) expansão da esfera científica, tecnológica e educacional; (2) formas complexas de processamento e circulação do conhecimento e informação e (3) mudanças básicas no funcionamento das empresas com a finalidade de promoção da inovação de produtos e serviços, o que implica a criação de sistemas, equipas e culturas de aprendizagem espontâneas e mútuas. Para o referido autor, vivemos numa economia pós-industrial em que o trabalho se concentra em torno de serviços, de ideias e da comunicação. É um tipo de sociedade muito dependente do conhecimento e das pessoas que o constroem, bem como das instituições em que é produzido. Nesta conceção social, a evolução económica depende da inovação para a qual contribuem marcadamente a investigação, a ciência e a tecnologia, como salienta Caraça (2003):

As sociedades avançadas instalaram processos estruturados de transformação que nos forçaram a encarar a inovação como a única resposta para sobreviver economicamente no quadro de uma concorrência feroz e alargada. Transformação que teve no processo de criação tecnológica de base científica uma poderosa alavanca

motora, em relação à qual o esforço de inovação não ia poder ficar indiferente (...) Estas mudanças potenciaram, pelos seus impactos, um novo sistema de inovação baseado na ciência e no funcionamento de um admirável mundo novo que, à falta de melhor designação, apelidamos de globalização” (p. 117).

As mudanças sociais, políticas, económicas que têm vindo a cimentar-se, nas últimas décadas, são consequência do mundo globalizado em que vivemos, com repercussões em termos da educação no século XXI (Schleicher, 2012). Segundo Canário (2005), passámos de uma escola num “tempo de certezas”, coincidente com o apogeu do capitalismo liberal, característico da economia industrial, para uma escola num “tempo de incertezas”, resultado das mudanças referidas. Como expõe o mesmo autor, “passou-se de uma relação marcada pela previsibilidade para uma relação em que predomina a incerteza” (p. 81), em que de uma escola elitista, pretendendo a escolha dos ‘melhores’ se passou “para um processo seletivo orientado para a ‘exclusão’ dos piores, por exclusão relativa “ (p. 85).

Durante a denominada era da economia industrial ou “no tempo de certezas”, a educação era considerada como forma de permitir a almejada mobilidade social. Através da frequência escolar pretendia-se diminuir as taxas de pobreza, melhorar os níveis de literacia como forma de desenvolver social e economicamente as nações, formar trabalhadores competentes e mão-de-obra qualificada, cultivar a democracia em sociedades até aí asfixiadas por regimes totalitaristas e, ainda, ajudar a desenvolver economias competitivas que contribuíssem para o enriquecimento nacional e para alcançar uma melhoria da qualidade de vida das populações (Hargreaves, 2003). Contudo, constatou-se que, apesar de se terem alcançado melhorias em alguns indicadores socioeconómicos, os sistemas educativos não foram totalmente eficazes nos propósitos mencionados, considerando que continua a existir muita pobreza e uma elevada taxa de indivíduos iliteratos, mesmo nos países ditos desenvolvidos, ainda que tal possa parecer um contrassenso numa sociedade dita de conhecimento.

Parecem não ter sido feitos muitos progressos da escola da era da economia industrial para a da escola “do tempo de incertezas”. Na verdade, Canário (2005) traça um diagnóstico sombrio da escola atual, considerando a existência de três faces do problema: é uma escola obsoleta, baseada num saber cumulativo e revelado; os alunos e professores parecem atribuir-lhe um défice de sentido e é marcada por alguma falta de legitimidade social por continuar a perpetuar desigualdades sociais e a fabricar exclusão relativa. Assim, o mesmo autor propõe três finalidades fundamentais que deverão orientar uma escola de

futuro (que na realidade correspondem a princípios da escola numa sociedade de conhecimento): (1) a aprendizagem deve ser concretizada pelo trabalho e não para o trabalho, o que pressupõe o aluno não como mero consumidor de informação mas como agente produtor, elemento ativo na construção do seu conhecimento, contrariando, assim, os princípios de uma escola transmissora de conhecimentos já produzidos; (2) desenvolvimento do gosto pela aprendizagem, através da mobilização de situações ou contextos próximos do quotidiano dos alunos, permitindo valorizar os conhecimentos a apropriar e (3) a escola deve constituir-se como local onde se vivencia a democracia, se combatem a intolerância e as injustiças e onde se exerce “o direito à palavra, usando-a para pensar o mundo e nele intervir” (Canário, 2005, p. 88). A grande finalidade desta escola será a de transformar os alunos em pessoas, em que haja uma maior flexibilidade no ensino e na aprendizagem do que a que existe na maioria das salas de aula da atualidade.

A globalização, a complexificação dos saberes e das relações sociais, a democratização, os interesses económicos e as questões de sustentabilidade colocam novos desafios à educação, em geral, e à educação científica, em particular. Uma sociedade do conhecimento exige a formação de cidadãos aprendentes, que possam aceder a informação e que tenham a capacidade de a processar e tomar decisões informadas em função dela, que saibam lidar com a mudança, que consigam dar resposta a problemas imprevisíveis que exigem soluções quase imediatas (Hargreaves, 2003). Este autor afirma claramente que uma sociedade do conhecimento não progride através do trabalho mecânico mas sim usando o cérebro, permitindo aos indivíduos pensar, aprender e inovar. Torna-se assim premente que a educação contribua para o desenvolvimento de capacidades e competências de elevado nível, do pensamento crítico e metacognitivo e que favoreça altos padrões de aprendizagem cognitiva, onde os alunos possam construir conhecimentos, aplicá-los a problemas não habituais e comunicá-lo a outros (Hargreaves, 2003; Osborne, 2007).

Diversos relatórios europeus têm feito eco das preocupações educativas referidas bem como salientado a importância da aprendizagem das ciências e do desenvolvimento de competências essenciais para uma aprendizagem ao longo da vida (Comissão Europeia, 2007; Osborne, & Dillon, 2008). O anexo à Recomendação do Parlamento Europeu e do Conselho nº 2006/962/CE (Comissão Europeia, 2006) contempla as competências básicas em ciências e tecnologia, entre as oito competências essenciais, necessárias a todas as

peessoas. Segundo este documento, “a competência científica refere-se à capacidade e à vontade de recorrer ao acervo de conhecimentos e metodologias utilizados para explicar o mundo da natureza, a fim de colocar questões e de lhes dar respostas fundamentadas” (p. L394/15). O mesmo documento especifica os conhecimentos, aptidões e atitudes essenciais relativos a esta competência científica. Entre eles, há uma referência à necessidade de desenvolver aptidões, nos indivíduos, para utilizar dados científicos para atingir um objetivo ou chegar a uma decisão ou conclusão fundamentada e, ainda, que “os indivíduos deverão ser capazes de reconhecer as características essenciais da pesquisa científica e ter a capacidade de comunicar as conclusões e o raciocínio que lhes subjaz” (p. L394/15).

As necessidades educacionais referidas estão também patentes em relatórios como o *Science Education in Europe: Critical Reflexions* (Osborne & Dillon, 2008), o relatório Rocard sobre a educação em ciência (Comissão Europeia, 2007), ou o PISA 2009 – *Assessment framework. Key competencies in reading, mathematics and science* (OECD, 2009). Os dois primeiros documentos vêm alertar para a necessidade de renovar o ensino das ciências, tal como ele é realizado em grande parte nas escolas atuais. Estabelecendo a relação entre a sociedade do conhecimento e a relação de dependência de que a mesma padece face ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia, os autores colocam em causa a sustentabilidade do crescimento económico considerando o decréscimo alarmante do interesse que os jovens têm revelado pelas áreas científicas. Esta situação pode levar ao declínio da capacidade de inovação e da qualidade de investigação (Comissão Europeia, 2007), tendo em conta que o número de cientistas e engenheiros formados será insuficiente para substituir os que entretanto se retiram do mundo do trabalho. Há assim que apostar num ensino de ciências atrativo para os alunos e que estes lhe possam atribuir a devida relevância para a sua vida pessoal e profissional.

Para além desta problemática mais relacionada com a formação de futuros profissionais de ciência e tecnologia, os sistemas educativos têm, também, que dar resposta formativa a todos aqueles que inseridos numa sociedade de conhecimento terão que lidar no quotidiano com questões que requerem a mobilização de competências e de conhecimentos científico-tecnológicos. A literacia em pleno século XXI não se compadece com o saber ler, escrever e contar, competências muito redutoras e que se tornaram *slogan* em “tempo de certezas”. Assim, a escola para além da função de desenvolver atitudes positivas dos alunos em relação à ciência, deve, também, contribuir para formar

cidadãos cientificamente literatos, com uma compreensão adequada acerca do funcionamento do empreendimento científico, para que consiga dar resposta aos desafios do futuro.

Muitas das problemáticas sociais da atualidade, como, por exemplo, as que envolvem a exploração desenfreada de recursos naturais, a pobreza ou a fome, parecem relacionar-se com a ciência e tecnologia. O conhecimento científico e tecnológico pode ser uma mais-valia na tentativa da resolução daquelas, ou de outras problemáticas, ainda que não seja, por si só, suficiente. A sociedade tem também, aqui, um papel relevante a desempenhar. Daí que se deva exigir a formação de cidadãos cientificamente literatos, com capacidade para intervir e influenciar “o conteúdo das agendas de decisão e de influenciar as condições de participação em decisões sociais relacionadas com a ciência e a tecnologia” (Ainkenhead, 2009, p. 21). Assim, o poder de intervenção dos cidadãos torna-se de suprema importância na construção de um Estado democrático, que funciona

segundo regras de decisão maioritária sobre os grandes problemas que, devido à sua complexidade, exigem cada vez mais cultura. (...) Não se trata naturalmente de transformar cada cidadão num perito cientista mas de lhe permitir desempenhar um papel esclarecido (por exemplo, como consumidor) e de compreender o sentido geral e as implicações sociais dos debates entre peritos. (Comissão Europeia, 1995, p. 28)

Acrescentaríamos, ainda, que se torna premente não só “mais cultura” mas, também, uma “melhor cultura”. Um Estado, que se diz democrático, deve favorecer, através das suas políticas, uma educação crítica, libertadora e emancipatória, que contribua para desenvolver um pensar autêntico (Freire, 2009), numa perspetiva em que

a educação que se impõe aos que verdadeiramente se comprometem com a libertação não pode fundar-se numa compreensão dos homens como seres vazios a quem o mundo “encha” de conteúdos; não pode basear-se numa consciência espacializada, mecanicistamente compartimentada, mas nos homens como “corpos conscientes” e na consciência como consciência *intencionada* ao mundo. Não pode ser a do depósito de conteúdos, mas a da problematização dos homens em suas relações com o mundo (idem, p. 77, *itálico no original*).

Num mundo globalizado em que a quantidade de informação a que temos acesso é absolutamente vertiginosa, cada cidadão deve ter a capacidade para a analisar e sobre ela refletir, usando critérios adequados, acerca da validade e da qualidade da mesma. Daí que autores como Hargreaves (2003) venham defendendo que os sistemas educativos devam preparar os alunos para lidar com a ambiguidade informativa, devendo promover um

ceticismo saudável e uma mente inquisitiva, que permita aos indivíduos interpretar e deliberar acerca de informações conflitantes.

Desta forma, exige-se uma escola transformadora, em que se implementem práticas pedagógicas dialógicas, que contribuam para formar cidadãos livres, reflexivos e intervenientes, numa sociedade que se pretende humanista, justa e culturalmente informada, em suma, democrática. Alguns autores defendem que o aprofundamento de uma cidadania democrática é uma das finalidades da argumentação na educação científica, sendo as restantes o conhecimento sobre a natureza da ciência e o desenvolvimento de capacidades de pensamento complexas (Archilla, 2013; Evagorou, & Dillon, 2011; Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008). Há que educar para pensar bem e agir, de forma consciente e responsável, o que Santos (2005) perspetiva como base de uma educação cidadã. Pensar bem, nas palavras de Zohar (2008), significa raciocinar adequadamente, condição necessária para se fazer ciência e ser-se um cidadão crítico, com capacidade interventiva a nível social, político e cultural numa sociedade autenticamente democrática (Reis, 2013).

Fazer ciência requer discutir, raciocinar, argumentar, criticar e justificar ideias, explicações e modelos, pelo que o ensino e aprendizagem das ciências deve contemplar estratégias que recorrendo à linguagem coloquial e científica contribua para envolver os alunos em atividades discursivas (Henao, & Stipcich, 2008; Lemke, 1997). A argumentação é um tipo de discurso fundamental em ciência e uma das principais ferramentas na construção do conhecimento, sendo considerada um elemento nuclear do empreendimento científico (Evagorou, & Dillon, 2011), para além de se constituir como uma competência essencial no quotidiano.

A literatura tem salientado a relevância e o papel da argumentação no desenvolvimento de capacidades de pensamento e numa melhor compreensão do funcionamento da ciência. Em relação a este último aspeto, afirma-se que se os alunos se envolverem em práticas epistémicas de argumentação durante as aulas de ciências, poderão apreciar o poder e as limitações do conhecimento científico e perspetivar as dimensões epistemológica e social da ciência (Evagorou, & Dillon, 2011). Ao reconhecerem que os enunciados de conhecimento são gerados, adaptados, reorganizados e, em algumas circunstâncias, abandonados por dinâmicas autorreguladoras da própria comunidade científica, os alunos tenderão a construir uma perspetiva humanista da ciência (Aikenhead, 2009). Contudo, para que tal se torne possível, não basta dizer aos

alunos que o modelo de ciência tradicional ou canónica é incorreto e dar-lhes as normas que regulam as práticas científicas autênticas (Kuhn, 2010). Torna-se, assim, fundamental, que os alunos vivenciem essas práticas e participem na construção do discurso da ciência, pelo que as aulas devem ser espaços de mobilização de pensamento de elevado nível que inclua a produção de argumentos, o levantamento de questões, o estabelecimento de comparações e de relações causais, a avaliação e interpretação de dados, para além, da formulação de hipóteses e de controlo de variáveis (Osborne, & Dillon, 2008).

Consideramos que o professor tem um papel fulcral na promoção de práticas científicas autênticas, em contexto de sala de aula. Contudo, a investigação que tem sido realizada no âmbito da didática das ciências, ao longo das últimas décadas permite afirmar que as práticas pedagógicas continuam a centrar-se na ação do professor, havendo pouca abertura para que os alunos possam comunicar entre si e desenvolver a argumentação. No ensino das ciências, continua a prevalecer a transmissão de informação científica (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002; Comissão Europeia, 2007; OECD, 2012; Osborne, 2012). Esta estratégia de ensino não contribui para desenvolver, nos alunos, a capacidade de questionar, de investigar e desvaloriza o papel das provas¹ na construção da ciência. Os saberes científicos são apresentados como produto acabado, tal como a comunidade científica os aceita atualmente, o que levou Schwab (1962), há algumas décadas, a afirmar que o ensino das ciências se traduz numa retórica de conclusões. O sistema de ensino contribui, assim, para a formação de gerações amorfas, de cidadãos passivos e acríticos, com pouca capacidade para intervir num mundo altamente complexo e instável.

A mudança de práticas pedagógicas impõe-se se quisermos que os alunos se envolvam na argumentação científica, em sala de aula. O professor e os alunos assumirão necessariamente papéis diferentes dos de aulas tradicionais e isso pode ser uma limitação à implementação desse tipo de práticas. Efetivamente, como referido nos relatórios a que já aludimos anteriormente, os professores sentem-se mais à-vontade a trabalhar com abordagens tradicionais do que a implementar abordagens de natureza investigativa (Comissão Europeia, 2007; Osborne, & Dillon, 2008), que apelam à mobilização da argumentação. Contudo, são também estas últimas abordagens que mais motivam os

¹ No contexto deste trabalho, usamos os termos ‘prova’ e ‘evidência’ como sinónimos. Contudo, autores como Jiménez-Aleixandre (2010), preferem o uso do primeiro daqueles termos, por considerarem que o uso de ‘evidência’ (que se pode usar por tradução do termo inglês *evidence*) pode originar confusões, por significar, na linguagem coloquial, uma qualidade do que é evidente e aquilo que é considerado como certeza manifesta, ou seja, que não necessita ser provado, ainda que haja outros autores (Dawkins, 2009) que contrariem essa posição.

alunos para a aprendizagem das ciências. Daí que, como referem Osborne e Dillon (2008), mais importante do que as mudanças curriculares, que têm vindo a ser efetuadas nos últimos anos, é a necessidade de transformar a pedagogia das salas de aula de forma a introduzir-lhe características de natureza investigativa, mais coerentes com os processos de produção de conhecimento em ciência. Para tal, os autores defendem que se deve continuar a apostar no desenvolvimento profissional dos professores para adaptar e transformar as práticas de sala de aula. Esta dimensão é também salientada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) que defende a necessidade dos professores serem, eles próprios, aprendentes ao longo da vida, face à necessidade de adaptarem as suas práticas a um mundo em mudança, para que os alunos possam desenvolver as competências e capacidades de pensamento de elevado nível nos domínios da criatividade, pensamento crítico, comunicação e colaboração (OECD, 2012). Segundo a mesma instituição, o desenvolvimento profissional para a inovação das práticas deve contribuir para que os docentes: (1) tenham a capacidade de desenhar, liderar, gerir e planear ambientes de aprendizagem e selecionar/implementar estratégias de ensino adequadas ao desenvolvimento das competências e capacidades referidas; (2) possuam uma compreensão profunda sobre processos de aprendizagem; (3) desenvolvam competências digitais e saibam usar as tecnologias no ensino de forma eficaz e (4) tenham capacidade de trabalhar colaborativamente e refletir sobre as suas próprias práticas para aprender a partir da experiência. Um professor que tenha desenvolvido estas competências será com certeza um profissional com capacidade e autonomia necessárias à implementação de práticas argumentativas, no contexto da sala de aula de ciências.

Contudo, parece que entre a realidade e o desejável vai um passo de gigante, pelo que algumas questões nos têm surgido ao longo do nosso percurso profissional: Os professores sentem que a sua formação inicial e contínua os tem habilitado para inovar as práticas? Como desenvolvem os professores as suas práticas e que estratégias implementam quando pretendem que os seus alunos se envolvam na argumentação científica? Que importância e papel atribuem à argumentação nas suas práticas? Ao longo dos últimos anos fomos colocando estas e outras questões na sequência da investigação que realizámos durante o trabalho de mestrado (Almeida, 2005). Nessa investigação, que se debruçava sobre o contributo das interações sociais entre pares para o desenvolvimento de competências e apropriação de conhecimentos, percebemos que as atividades de discussão e de debate desempenham um papel importante no

desenvolvimento da capacidade argumentativa dos alunos. Porém, a realização dessas atividades implicou uma alteração significativa do contrato didático tradicional a que professor e alunos estavam habituados. Tendo a consciência de que os professores são a pedra basilar de qualquer renovação no ensino das ciências (Osborne, & Dillon, 2008), considerámo-mos motivador e relevante procurar compreender que concepções têm e que práticas desenvolvem os professores, em particular os de Biologia e Geologia, quando pretendem desenvolver a argumentação científica dos alunos, o que nos conduziu até ao presente trabalho.

1.2 Problemática e questões de investigação

Os primeiros estudos exclusivamente dedicados à argumentação na educação em ciência, na Europa, realizaram-se na década de 90, do século XX. Esses estudos procuraram perceber se o contexto das aulas favorecia a argumentação científica (Driver, Newton, & Osborne, 2000). Estes autores concluíram que as práticas pedagógicas proporcionavam poucas oportunidades aos alunos para desenvolverem a argumentação e para que tal viesse a ocorrer seriam necessárias alterações profundas na forma como as aulas de ciências são estruturadas e orientadas, considerando que a voz dos alunos teria de ocupar um lugar central nas atividades a realizar. Noutra perspetiva investigativa procurou-se analisar e avaliar a qualidade dos argumentos produzidos pelos alunos. Para tal, os investigadores recorreram a algumas ferramentas metodológicas que serviram de base à análise dos argumentos, sendo o padrão argumentativo de Toulmin (PAT) o mais usado no domínio da educação em ciência (Erduran, & Jiménez-Aleixandre, 2012). A literatura refere que os argumentos produzidos pelos alunos revelam, predominantemente, pouca sustentação em provas e em fundamentos, pelo que são de baixa qualidade.

Para além dos estudos mais centrados sobre o desenvolvimento das competências de argumentação e avaliação da qualidade dos argumentos dos alunos, diversos projetos internacionais têm-se debruçado sobre o desenvolvimento pessoal e profissional de professores, no âmbito da argumentação científica. De entre estes, salientamos dois projetos: (1) Mind The Gap/RODA, projeto europeu, cuja finalidade é produzir, distribuir e partilhar ideias e atividades sobre práticas de investigação no ensino das ciências (IBSE, Inquiry Based Science Education), tendo sido publicados dois manuais com propostas de tarefas destinadas a envolver os alunos na argumentação científica, com indicações para

os professores (<http://rodausc.eu>); (2) IDEAS (*Ideas, Evidence and Argument in Science*), coordenado por Osborne, Simon e Erduran (2004), com a finalidade de dar formação a professores e apoiá-los no processo de implementação de práticas de argumentação, em contexto de sala de aula. Neste projeto, para além da supervisão do trabalho dos professores, constituíram-se comunidades de prática (Wenger, McDermott, & Snyder, 2002), tendo os coordenadores concluído, por um lado, que o processo de mudança de práticas pedagógicas é lento; por outro, perceberam que as concepções prévias dos docentes sobre o ensino da argumentação determinam o seu desenvolvimento profissional, pelo menos a curto prazo. Entre as recomendações que decorrem dos projetos, refere-se que as ações que visam promover o desenvolvimento dos docentes nesta área, se devem centrar na análise das concepções prévias sobre o ensino e aprendizagem das ciências, sublinhando a relevância das provas e da argumentação na construção do conhecimento científico (Simon, Erduran, & Osborne, 2006). Nesta perspetiva, consideramos que as comunidades de prática, enquanto “grupos de pessoas que partilham uma mesma preocupação, conjunto de problemas ou paixão por um tópico, e que aprofundam o seu conhecimento e perícia nessa área, interagindo continuamente” (Wenger, McDermott, & Snyder, 2002, p. 4), são fundamentais para um processo de desenvolvimento pessoal e profissional dos docentes, pelo que a sua constituição na abordagem da problemática em estudo se poderá constituir como uma mais-valia na implementação de um ensino de ciências orientado para o desenvolvimento da argumentação científica.

Assim, a preocupação com o desenvolvimento profissional dos professores na área da argumentação científica e com o ensino e aprendizagem das ciências através da argumentação têm vindo a ocupar lugar de destaque no contexto da investigação em didática das ciências. Uma das evidências desse destaque é o facto de vários encontros científicos desta área do conhecimento terem passado a contemplar esta temática, nos últimos anos, como linha de investigação a abordar (caso, por exemplo dos encontros promovidos pela ESERA – *European Science Education Research Association*).

Consideramos importante estudar as concepções dos professores relativamente à argumentação científica, à sua implementação em sala de aula e as relações que estabelecem com a natureza da ciência. Tal deve-se ao facto de, como referem Evagorou e Dillon (2011), haver poucas investigações acerca da compreensão que os professores têm da argumentação e da forma como operacionalizam o seu ensino em sala de aula, pelo

que pouco se conhece acerca das suas concepções e práticas naquele domínio. Segundo Erduran e Jiménez-Aleixandre (2012), a percepção dos professores relativamente à importância da argumentação na ciência e no ensino das ciências pode afetar a motivação para ensinar a argumentar, podendo, ainda, a falta de experiência, neste domínio, constituir-se como um obstáculo à implementação de práticas argumentativas em sala de aula.

Centrando-nos no termo ‘concepção’, importa esclarecer, ainda que brevemente, em que sentido ele é usado no contexto deste trabalho, uma vez que várias interpretações lhe têm sido atribuídas. Segundo Ponte (1992, 1999), as concepções têm uma natureza essencialmente cognitiva com uma dimensão individual e outra social, exercendo um papel fundamental no pensamento e na ação de um indivíduo. A dimensão individual relaciona-se com as experiências de cada um e a social com as construções mentais que desenvolvemos quando nos confrontamos com os outros. De acordo com outra autora – Thompson (1992) – as concepções, como parte integrante do conhecimento, correspondem a “uma estrutura mental geral, englobando crenças, significados, conceitos, proposições, regras, imagens mentais, preferências e gostos” (p. 130). No fundo, como proposto por Freire (1991), ao estudarmos concepções estamos preocupados em aceder ao pensamento dos professores, neste caso, sobre o tema central deste trabalho. Por fim, salientamos que não vamos diferenciar, terminologicamente, concepções de crenças. Ainda que haja investigadores que apontem diferenças entre estes conceitos (Ponte, 1992, 1999; Thompson, 1992), decidimos utilizar somente o termo ‘concepção’, por ser considerado um “constructo mais geral, que pode ser usado para estudar áreas em que uma pessoa parece não ter crenças sólidas” (Ponte, 1999, p. 45).

Interessa-nos, ainda, perceber como é que os professores procuram implementar práticas pedagógicas com a finalidade de envolver os alunos na argumentação científica. Segundo Evagorou e Dillon (2011), a ação dos professores resulta da influência das suas concepções, dos valores e das experiências anteriores. Essas práticas são materializadas numa dada situação ou contexto, isto é, na sala de aula. Como refere Altet (2000), “se o ensino é, acima de tudo, uma *prática relacional*, esta prática situa-se sempre numa *situação particular*, em *condições singulares* e num *contexto específico*” (p. 37, itálico no original).

Tendo em conta que as considerações anteriores, bem como que nos parece essencial o aprofundamento do conhecimento na temática da argumentação científica em

contexto escolar e sua relação com as concepções e práticas docentes, construímos o seguinte problema de investigação:

Que concepções possuem os professores de Biologia e Geologia, do ensino secundário, sobre argumentação científica e como implementam as suas práticas pedagógicas orientadas para o desenvolvimento da argumentação científica pelos alunos?

A partir do problema estabelecido foram elaboradas cinco questões específicas que orientaram este trabalho de investigação:

- (1) Que concepções têm os professores relativamente à argumentação científica e ao seu papel no ensino da Biologia e Geologia?
- (2) Que concepções têm os professores sobre a natureza da ciência que se possam constituir como eventuais constrangimentos à implementação de um ensino orientado para a promoção da argumentação científica dos alunos?
- (3) Como se caracterizam as práticas pedagógicas que implementam os professores quando têm a intenção de desenvolver a argumentação científica dos alunos?
- (4) Quais os principais constrangimentos e dificuldades na implementação de um ensino intencionalmente orientado para a promoção da argumentação científica dos alunos?
- (5) Quais os contributos da reflexão sobre práticas de ensino orientadas intencionalmente para a promoção da argumentação científica dos alunos, no desenvolvimento pessoal e profissional dos professores?

As questões aqui apresentadas podem ser enquadradas em dois domínios da investigação realizada: (1) e (2) procuram explorar as concepções dos professores sobre a temática do trabalho; (3) e (4) e (5) estão direcionadas para a análise das práticas pedagógicas e para o desenvolvimento profissional e pessoal dos professores no contexto do ensino e aprendizagem da argumentação científica.

1.3 Organização geral da tese

Esta tese está organizada em cinco capítulos.

O **capítulo 1** é onde se enquadra teoricamente o estudo e se revela a sua pertinência no contexto da educação em ciência, se sintetiza a problemática que orientou

a elaboração do problema e das questões de investigação e se apresenta a organização deste trabalho escrito.

O **capítulo 2** corresponde ao quadro de referência teórico que orientou a investigação. Este capítulo está estruturado em três secções.

A *secção I* aborda conteúdos epistemológicos relacionados com a ciência e a argumentação. Na primeira subsecção – perspectivas de ciência – é apresentada uma visão sintética de algumas ideias sobre ciência, partindo da concepção herdada até à nova filosofia da ciência, sem esquecer a menção aos estudos sociais sobre ciência. Esta subsecção termina com uma abordagem a algumas concepções de professores sobre o empreendimento científico. A segunda subsecção – argumentação – inclui vários apontamentos históricos sobre a retórica e argumentação, seguidos da descrição das que considerámos serem as principais correntes epistemológicas sobre argumentação. Na continuidade da subsecção, abordam-se as relações entre argumentação e ciência.

A *secção II* debruça-se sobre a argumentação e o ensino das ciências. É a secção de maior extensão, sendo constituída por seis subsecções, cujos títulos são elucidativos dos conteúdos tratados: (i) acerca de alguns conceitos chave; (ii) a argumentação na promoção da literacia científica; (iii) a importância da argumentação no contexto do ensino e aprendizagem das ciências; (iv) argumentação, linguagem e comunicação; (v) a argumentação nos currículos portugueses da disciplina de Biologia e Geologia e (vi) as tarefas e atividades e o papel dos alunos e professor em aulas de ciências promotoras da argumentação.

As temáticas relacionadas com o desenvolvimento profissional dos professores são apresentadas na *secção III*. Esta inclui duas subsecções, sendo a primeira relativa ao conhecimento pedagógico de conteúdo e a segunda referente ao papel da reflexão no desenvolvimento profissional docente.

O **capítulo 3** é totalmente dedicado a aspetos metodológicos que perpassaram o processo de investigação. Começamos por expor algumas considerações sobre a natureza paradigmática do estudo, com alguns pressupostos ontológicos, epistemológicos e metodológicos que o orientaram. Passamos, posteriormente, a abordar questões metodológicas mais concretas, relativas à implementação de uma metodologia mista, seguidas da caracterização e descrição das duas fases processuais do estudo. Terminamos, abordando questões relativas à análise dos dados quantitativos e qualitativos, bem como

sobre a validade da investigação e questões éticas que se colocam em estudos desta natureza.

A apresentação e discussão dos resultados ocupa todo o **capítulo 4**. Optámos, considerando os dois eixos principais do trabalho – conceções e práticas, por relatar e discutir os resultados respeitando as duas fases processuais. Assim, inicialmente são analisados os dados de natureza quantitativa e qualitativa, relativos à fase I da investigação, e, posteriormente, são apresentados e discutidos os dados recolhidos na fase II, com a análise independente de cada um dos dois casos estudados.

Por fim, no **capítulo 5**, correspondente às considerações finais, faz-se uma síntese dos resultados obtidos, procurando dar resposta às questões de investigação formuladas no capítulo presente e mencionando as principais implicações do estudo para a educação em ciência. Neste último capítulo, referimos, ainda, as limitações do estudo, para além de se sugerirem algumas linhas de investigação futuras.

A tese termina com o elenco de referências bibliográficas citadas ao longo do texto e com a inclusão de apêndices e anexos que serviram de suporte ao processo de investigação.

CAPÍTULO 2.

REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo está estruturado em três secções. A primeira secção deste capítulo centra-se, fundamentalmente, em dois eixos teóricos que orientaram, em termos epistemológicos, a realização do presente estudo: a natureza da ciência e a argumentação. Sendo certo que estas duas linhas teóricas se interpenetram, considerámos apresentar em relação à primeira, alguns aspetos mais recentes (início a finais do século XX) sobre a epistemologia da ciência, com algumas abordagens à sociologia da ciência e, em relação à segunda, optámos por incluir uma breve evolução histórica em torno das perspetivas de retórica e argumentação e a descrição de algumas correntes epistemológicas que têm fundamentado investigações sobre argumentação, na qual se faz uma abordagem ao uso dessas correntes na investigação sobre argumentação no ensino das ciências.

Posteriormente, na segunda secção, procuramos esclarecer o significado de alguns conceitos usados neste trabalho e focamos algumas dimensões da relação entre argumentação e educação em ciência. Entre elas encontramos: (1) a importância do aprender a argumentar cientificamente; (2) o papel da argumentação na promoção da literacia científica; (3) a problemática da linguagem e comunicação no contexto das aulas de ciências e do ensinar e aprender a argumentar; (4) a relevância da argumentação nos currículos portugueses do ensino secundário regular e (5) os papéis que alunos e professores devem desempenhar para promover a argumentação em aulas de ciências.

Por fim, a última secção aborda questões relativas ao desenvolvimento pessoal e profissional de professores no contexto de implementação de práticas que procuram promover a argumentação científica, destacando-se a análise sobre o conhecimento pedagógico de conteúdo e sobre a reflexão na construção da profissionalidade docente.

Secção I – Ciência e Argumentação

2.1 Perspetivas de ciência

Publicações recentes (Jiménez-Aleixandre, 2009; McDonald, & McRobbie, 2012; Rehg, 2009; Sandoval, & Millwood, 2008) têm colocado em evidência a forte relação entre ciência e argumentação. A argumentação constitui-se como uma prática epistémica intrínseca da ciência, como salientam Osborne, MacPherson, Patterson e Szu (2012). Estes autores referem-se às práticas de argumentação como oportunidades para mostrar a ciência enquanto forma de saber onde a evidência ou prova é fundamental para sustentar conhecimentos. Consideram, ainda, que a argumentação é uma janela para a epistemologia, para as práticas e métodos da ciência, sendo o seu uso relevante para fomentar concepções de ciência enquanto prática social.

Na próxima subsecção, debruçamo-nos sobre perspetivas epistemológicas e sociológicas de ciência que foram sendo desenvolvidas, fundamentalmente, ao longo do século XX, durante o qual as concepções de ciência experimentaram profundas mudanças (Echeverría, 2003). Não pretendemos, de forma alguma, fazer desta secção um tratado de filosofia¹ ou sociologia da ciência mas apenas apresentar algumas perspetivas que têm sido alvo de maior atenção nos meios académicos da educação em ciência e que, simultaneamente, considerámos mais relevantes para a temática principal deste estudo.

A primeira parte discute as principais características atribuídas à denominada concepção herdada, com destaque para as suas raízes teóricas empiristas, seguindo-se-lhe outras perspetivas que se lhe opuseram e que são, atualmente, enquadradas num conjunto de teorizações que se designa por ‘nova filosofia da ciência’, culminando com abordagens mais recentes que dão destaque à dimensão sociológica na construção do conhecimento científico.

¹ No contexto deste trabalho consideramos equivalentes os termos epistemologia e filosofia da ciência, ainda que nem sempre sejam considerados como sinónimos, uma vez que ao primeiro é atribuído um significado mais lato de ‘teoria do conhecimento’.

2.1.1 A concepção herdada

A concepção herdada de ciência, também designada de epistemologia neopositivista ou positivismo lógico, é a perspectiva de filosofia da ciência dominante desde as primeiras décadas do século XX até ao início dos anos 1960. Segundo Echeverría (2003), a concepção herdada refere-se ao “conjunto de ideias de base que haviam caracterizado o neopositivismo e a filosofia analítica da ciência da mesma época” (p. 41). Parece-nos, assim, pertinente apresentar as principais teses defendidas pelo positivismo lógico, com referência ao contexto em que elas se desenvolveram. Vamos dar início a essa abordagem referindo, ainda que de forma concisa, algumas doutrinas epistemológicas que vingaram na comunidade científica, anteriormente ao neopositivismo e que com ele se relacionam.

Nos séculos antecedentes ao surgimento de teses neopositivistas – XVII a XIX, o conhecimento científico foi adquirindo um estatuto social de grande importância. Ciência era sinónimo de verdade e o conhecimento produzido era apelidado de ‘positivo’, por se associar com o conhecimento verificado através de provas empíricas, conseguidas utilizando a observação e a experiência. Simultaneamente, ciência e objetividade eram indissociáveis. Estas ideias foram a base de duas doutrinas predecessoras à filosofia neopositivista: (1) o empirismo clássico, durante os séculos XVII e XVIII, de origem baconiana e cuja doutrina foi, posteriormente, desenvolvida por John Locke (1632-1704) e David Hume (1711-1776); (2) o positivismo, durante o século XIX, com origem em teses construídas por Auguste Comte (1798-1857). Contudo, de tal forma se associam estas perspectivas filosóficas que, por vezes, encontramos o termo empiro-positivismo para as designar (termo utilizado para denominar a corrente epistemológica oposta à que vingava na Europa continental na época, o racionalismo de origem cartesiana). Como refere Freitas (1998),

O que poderemos designar por empiro-positivismo também não é uma teoria, mas sim uma espécie de monstro multicéfalo o que torna, muitas vezes, extremamente difícil a sua caracterização. A clássica concepção empirista de John Locke e David Hume (segundo alguns já anunciada na filosofia de Bacon), entrelaça-se com o positivismo de Auguste Comte e o indutivismo radical de Stuart Mill, refinada pela contribuição de Karl Pearson e renova-se no neopositivismo da Escola de Viena e do Círculo de Berlim, em geral, e de Rudolf Carnap, em particular. (pp. 52-53).

Ao contrário da tese racionalista que defende o primado da razão, para os empiristas todo o conhecimento provém da experiência, rejeitando o papel da razão e o inatismo

cartesiano. Assim, as ideias, conceitos ou teorias são fruto da interpretação das impressões inscritas no pensamento, a partir das sensações que adquirimos por contacto com os objetos. Os sentidos são, desta forma, a origem de todo o conhecimento e este é limitado ao que é dado através da experiência. Como refere Giere (1989), “os resultados científicos são em última instância derivados da experiência sensorial direta” (p. 73). Nesta perspetiva, o ser cognoscente é concebido como sujeito ‘recetáculo’ ou *tábula rasa*, “no qual são inscritos os dados do mundo exterior transmitidos pelos sentidos mediante a percepção” (Praia, 1995, p. 52). Outros atributos, defendidos pelos empiristas, aparecem citados em Cachapuz, Praia e Jorge (2002), dos quais destacamos:

(1) Há uma similitude entre conhecimento científico e realidade. Assim, os discursos científicos surgem como verdades absolutas, explicativos da realidade exterior;

(2) Há uma perspetiva cumulativista e continuista do conhecimento científico, ou seja, a ciência desenvolve-se por acumulação e justaposição de conhecimentos, sem ruturas com produções prévias;

(3) As teorias são postas à prova através da experiência-confirmação;

(4) A observação é objetiva e neutra, não orientada teoricamente;

(5) A observação de factos confere significado às ideias e conduz ao conhecimento objetivo da realidade;

(6) O acaso tem um papel fundamental na descoberta científica;

(7) A repetição de experiências tem um papel confirmatório essencial em ciência;

(8) A experiência tem um papel fulcral na obtenção de dados que, depois de interpretados, levam à generalização;

(9) A evidência factual é o meio para estabelecer a credibilidade de uma teoria;

(10) O método científico consiste num conjunto de regras universais, uniformes e de passos sequenciais que devem ser escrupulosamente cumpridos para que se possa alcançar o conhecimento verdadeiro;

(11) A indução surge como o tipo de raciocínio geralmente utilizado no estabelecimento de leis e princípios científicos.

O termo positivismo terá surgido “pela primeira vez numa exposição da doutrina de Sant Simon, em que [se] enaltecia «o verdadeiro método científico», caracterizado por «exatidão e positivismo»” (Erasmie, & Lima, 1989, citados em Freitas, 1998, p. 54), ainda que esteja mais associado à obra de Comte, ‘Curso de filosofia positiva’, conjunto de seis

volumes, publicado em 1842. Tal como no empirismo clássico, também, para os positivistas, a observação e a experiência estavam na base do conhecimento científico, verdadeiro e objetivo, cuja função era a de explicar o mundo real. O papel do cientista era descobrir as leis científicas que governam os fenómenos, a partir do uso combinado do raciocínio e da observação (Praia, 1995). Contudo, os positivistas negam qualquer possibilidade de estudar a causalidade dos fenómenos naturais, rejeitando interpretações de natureza teleológica ou metafísica. Assim, tudo quanto não possa ser provado pela ciência, através da experiência sensível, é considerado do domínio metafísico. Comte considerava a existência de três estados de conhecimento humano: o teleológico, o metafísico e o positivo ou científico. Segundo este filósofo francês:

No estado teleológico, o espírito humano (...) concebe fenómenos como produzidos pela ação direta e contínua de agentes sobrenaturais mais ou menos numerosos, cuja arbitrária intervenção explicaria todas as aparentes anomalias do universo. No estado metafísico, (...) os agentes sobrenaturais são substituídos por forças abstratas, verdadeiras entidades (abstrações personificadas) inerentes aos diversos seres do mundo. (...) Por último, no estado positivo, o espírito humano (...) renuncia procurar a origem e o destino do universo e a conhecer as causas íntimas dos fenómenos, para se dedicar apenas à descoberta, pelo uso bem combinado do raciocínio e da observação, das suas leis efetivas, isto é, das suas relações invariáveis de sucessão e similitude. (Comte, 1842, citado em Carrilho, 1991, p. 6)

Como se depreende das palavras de Comte, o conhecimento científico era 'o' conhecimento, sendo o estado último a que o espírito humano poderia ambicionar para encontrar a verdade.

É neste contexto de desenvolvimento da epistemologia que surge a primeira cátedra de filosofia da ciência, em que esta disciplina se autonomiza relativamente a outras áreas do saber, sendo denominada de filosofia das ciências indutivas. Estes desenvolvimentos surgem na Universidade de Viena que concede, em 1922, a Moritz Schlick (1882-1936) a responsabilidade de ensinar e investigar nessa área do conhecimento, após um período em que a cátedra esteve atribuída a Ernst Mach (1838-1916). Posteriormente constitui-se o Círculo de Viena, influenciado pela obra de Mach (Arana, 2007), "considerada a primeira grande escola de Epistemologia e Teoria da Ciência" (Echeverría, 2003, p. 23). O grupo de pensadores que integram o Círculo de Viena, constituído por físicos, matemáticos e lógicos, incluía nomes relevantes da ciência como Rudolf Carnap (1891-1970), Otto Neurath (1882-1945) e, mais tarde, Hans Reichenbach (1891-1953). Com o Círculo de Viena inicia-se uma nova corrente epistemológica

denominada empirismo lógico ou positivismo lógico que resulta da nova lógica simbólica combinada com o empirismo (Praia, 1995).

Segundo Giere (1988), no empirismo lógico incluem-se três heranças intelectuais: (1) os trabalhos de Hilbert, Peano, Frege e Russel, no âmbito da Matemática e da Lógica, entendendo-se esta como a área do conhecimento que estuda as relações puramente lógicas entre proposições científicas; (2) o empirismo clássico de Hume, herança das posições empiro-positivistas, em que se pressupunha a experiência ou a observação como fundamento de toda a ciência e (3) a ciência associada às teorias da relatividade e da mecânica quântica de Einstein, que constituíam um dos exemplos mais marcantes da ciência contemporânea baseada em análises empíricas lógicas. Para além destes fundamentos, duas obras desempenharam um papel relevante na orientação filosófica do Círculo de Viena: o *Tractatus Logico-Philosophicus*, publicado em 1918, por Ludwig Wittgenstein (1889-1951) e *Der logische Aufbau der welt* (A estrutura lógica do mundo), de 1923, escrito por Carnap. Em ambas, os autores defendem uma concepção formal do empirismo, atribuindo relevância à dimensão lógica do conhecimento científico (Carrilho, 1994) e desprezando ou ignorando todas as condicionantes de natureza sociológica ou psicológica que influenciam a sua produção.

O Círculo de Viena constituiu-se na primeira escola filosófica com o propósito de criar uma teoria sistemática sobre a ciência (Echeverría, 2003). No decurso de várias reuniões que foram ocorrendo durante a década de 1920, com o culminar em Praga do 1.º Congresso Internacional, em 1929, surgiu um manifesto – A concepção científica do mundo: o Círculo de Viena – a que seguiram outras reuniões em várias cidades europeias – Copenhaga, Paris, Cambridge, Praga. Com a ascensão ao poder do nazismo na Alemanha, o Círculo deixou de existir, enquanto tal, pois vários dos seus membros eram de ascendência judia, tendo emigrado para países anglo-saxónicos, como os Estados Unidos da América e o Reino Unido, o que contribuiu, contudo, para uma disseminação das ideias do grupo (Echeverría, 2003). No início dos anos 1960, Putnam (1926-) propôs atribuir a designação de ‘Concepção Herdada’ “ao conjunto de ideias básicas que caracterizavam o neopositivismo e a filosofia analítica da ciência que dominava até então a epistemologia da ciência” (Vázquez, Acevedo, Manassero, & Acevedo, 2001, p. 140). Em seguida, apresentamos algumas dessas ideias fundamentais apoiadas por aquele grupo de pensadores, cuja influência tem tido grandes repercussões na educação em ciência, até à

atualidade (Cachapuz, Praia, & Jorge, 2002; García-Carmona, Vázquez, & Manassero, 2011; Vázquez et al., 2001;).

Uma das maiores preocupações do positivismo lógico prende-se com a unidade da ciência. A ciência modelo era a Física e todas as demais a ela se deveriam assemelhar. As ciências humanas, como a psicologia, a sociologia ou a filosofia, se quisessem ganhar reputação teriam que se aproximar do modelo de ciência que valorizava a matematização e a lógica, convertendo-se em ciências positivas. Daí que um dos projetos de maior envergadura do Círculo de Viena tenha sido a elaboração da Enciclopédia para a Ciência Unificada, cujas teses se opunham à metafísica de Hegel (1770-1831) e de Heidegger (1889-1976) (Echeverría, 2003). Para a unificação da ciência foi necessário desenvolver uma nova concepção epistemológica da filosofia, tendo sido defendida, por Carnap e Reichenbach, a necessidade de criar uma filosofia científica, com referentes empíricos e lógicos, distantes do discurso metafísico. Segundo Carrilho (1994), no manifesto do Círculo de Viena “visavam-se sobretudo dois objetivos: por um lado, estabelecer as bases da construção de uma ciência unitária, por outro, imunizar a ciência contra toda e qualquer contaminação metafísica” (p. 26). A unificação da ciência deveria ser favorecida pelo uso de uma linguagem fisicalista à qual deveriam ser convertidos todos os enunciados científicos. Esta linguagem, depurada de elementos metafísicos (Echeverría, 2003), era de natureza empírica e universal, contribuindo para a unificação da ciência, pelo que todas as proposições observacionais deveriam ser reduzidas à linguagem fisicalista. Partindo-se de enunciados observacionais, fundamento da ciência positiva, obter-se-iam teorias e leis gerais, através da utilização da indução e da lógica matemática.

Para os positivistas lógicos, existiam dois tipos de enunciados válidos em ciência: as proposições formais da lógica e matemática, de natureza analítica e as proposições factuais ou protocolares. A verdade das primeiras dependia, sobretudo, do cumprimento das regras da lógica formal, correspondendo a tautologias, não tendo de ser verificadas, devido à sua natureza analítica, enquanto as segundas careciam de confirmação ou verificabilidade empírica. Assim, estabelece-se

um critério de significação que visa fundamentalmente distinguir dois tipos de enunciados: os que têm [científicos] e os que não têm sentido [não científicos]. São enunciados *com sentido* os que podem ser verificados pela análise lógica remontando – se não se tratar de um enunciado analítico, tautológico – aos enunciados mais simples que se refiram aos dados da experiência; são enunciados *sem sentido* os que não têm referência na experiência intersubjetiva, não são verificáveis, limitam-se a

expressar «estados de alma» e a contribuir, por isso, para o desenvolvimento de domínios como os da arte, da música ou da poesia (Carrilho, 1994, p. 27, *italico no original*).

A verificação torna-se, então, um dos critérios de demarcação entre ciência e não ciência. A rejeição da metafísica do domínio científico é fundamentada, precisamente, por carecer de sentido, não possuindo valor de verdade e por não se poder cumprir o critério de verificabilidade. Assim, “o critério de significatividade empírica complementado pela lógica matemática passa a ser o fundamento principal da teoria da ciência” (Echeverría, 2003, p. 31), ainda que não isento de problemas. Como refere Carrilho (2004), “O principal problema que se coloca aqui é que são vários os enunciados das ciências que resistem ao critério de verificação – basta pensar em todas as proposições universais a que é logicamente impossível fazer corresponder um conjunto de enunciados de base” (p. 28). Esta mesma dificuldade está relacionada com problemas que o método indutivo, partindo de enunciados singulares, coloca ao pretender construir leis e generalizações. Efetivamente, apenas com uma quantidade relevante de observações, se pode justificar uma generalização (Chalmers, 1994), ainda que se possa questionar qual a quantidade adequada de observações do mesmo fenómeno, a partir da qual se pode generalizar. Assim, produzir inferências gerais a partir de enunciados observacionais singulares parece colocar em causa a validade das teorias produzidas. Aquele autor coloca, a nosso ver, o problema da indução de uma forma bastante clara:

Qualquer evidência observacional constará de um número finito de enunciados observacionais, enquanto um enunciado universal faz afirmações acerca de um número infinito de possíveis situações. A probabilidade de que seja certa a generalização universal é, portanto, um número finito dividido por um número infinito, o qual será zero por muito que aumente o número finito de enunciados observacionais que constituam a evidência (Chalmers, 1994, p. 33).

Considerando estes obstáculos, o próprio Carnap sugeriu que a lógica verificacionista fosse substituída por uma outra de confirmabilidade (Carrilho, 1994; Echeverría, 2003). Desta forma, “a indução não visa contribuir diretamente para o estabelecimento de leis, mas antes estabelecer qual o grau de confirmação da hipótese em estudo, isto é, determinar se, e em que medida, ela é ou não justificada pelos próprios dados de que parte” (Carrilho, 2003, p. 29).

Nesta lógica de verificabilidade ou confirmabilidade empírica dos enunciados protocolares, destaca-se a importância do método científico (Duschl, 1997), enquanto

conjunto de etapas rígidas, objetivas, com início na observação e cujo cumprimento escrupuloso permitia validar o conhecimento, “baseado nos dados observacionais e nas medições de magnitudes e sucessos” (Vázquez et al., 2001, p. 140). Este método, universal e único, serviria, também de demarcação entre ciência e não-ciência. A observação era considerada isenta de valores, uma atividade neutra, sem que qualquer ideia prévia do observador pudesse contaminar a recolha de dados, com exceção das que pudessem resultar da lógica do pensamento (Praia, 1995). Estas são considerações típicas de uma epistemologia indutivista ingénua, como refere Chalmers (1994): “Há duas suposições importantes envolvidas no indutivismo ingénua a respeito da observação. Uma é que *a ciência começa com a observação*. A outra é que *a observação proporciona uma base segura* a partir da qual se pode derivar o conhecimento” (p. 39, *itálico no original*). Há, assim, um primado da observação sobre a teoria que não desempenha qualquer papel no processo dos planeamentos experimentais, nem na observação.

Por fim, uma última característica do positivismo lógico, que não podemos deixar de sublinhar, é a separação do ‘contexto de descoberta’ (também, designado por ciência privada) do ‘contexto de justificação’ (ciência pública), com uma grande desvalorização do primeiro. Para os epistemólogos, a sua principal função era a reconstrução lógica da ciência. Assim,

os filósofos da ciência não tinham por que ocupar-se de como se chega a produzir a descoberta científica (a sua génese), mas dos resultados finais da investigação científica expressos em artigos ou livros (factos descobertos, teorias elaboradas, métodos lógicos empregues e a justificação empírica das consequências e previsões derivadas das teorias). (Vázquez et al., 2001, p. 138).

Como referem estes autores, a única preocupação epistémica dos filósofos da ciência prendia-se com a análise do produto da ciência – o conhecimento elaborado, desprezando os processos científicos reais. Assim, a reflexão em torno dos aspetos práticos da atividade científica não fazia parte dos conteúdos metacientíficos. Este foi um dos motivos de crítica que se foram, entretanto, formando em relação à doutrina do positivismo lógico, com origem em historiadores e sociólogos da ciência. Estas críticas foram surgindo, com maior intensidade, a partir da década de 1950. Como refere Echeverría (2003), em 1969, decorreu o Simpósio de Urbana em que apoiantes e detratores da conceção herdada debateram as principais teses do positivismo lógico:

O simpósio debateu a fundo as questões em causa, e passou assim a certidão de óbito da *concepção herdada*, que a partir desse momento foi abandonada por quase todos os epistemólogos.

Embora hoje em dia a *concepção herdada* tenha deixado de ser aceite, o seu conhecimento continua a ser imprescindível para a compreensão dos debates posteriores e as novas concepções sobre a metodologia científica. (p. 43, itálico no original).

Em seguida, apresentamos algumas das principais críticas dirigidas a diferentes aspetos da concepção herdada, por alguns dos mais conhecidos epistemólogos da era moderna e pós-moderna e expondo uma síntese dos principais postulados teóricos que defendem.

2.1.2 Das crises da concepção herdada a uma nova filosofia da ciência

Uma das maiores dificuldades a ser superada pelas teses neopositivas relacionou-se com a falta de unidade quanto às lógicas internas das diversas disciplinas científicas (Echeverría, 2003). Efetivamente, métodos de trabalho diversos, várias tipologias de proposições ou dificuldades no uso de uma linguagem fisicalista similar que se concretizasse na axiomatização das teorias das ciências empíricas constituíram-se como verdadeiros desafios ao positivismo lógico. Mas estes não foram os únicos entraves à unificação da ciência, pretendida pelos membros e apoiantes da concepção herdada. Outros surgiram, de forma explícita, pela voz de vários filósofos e sociólogos da ciência, cujas teses fundamentais sintetizamos nas próximas subsecções.

A- O falsificacionismo popperiano

Karl Popper (1902-1994) é uma das maiores referências intelectuais no domínio da epistemologia do século XX. Crítico de algumas teses defendidas no manifesto do Círculo de Viena, identificou numa das suas obras mais conhecidas – *A Lógica da Descoberta Científica* – cuja primeira edição data de 1935, alguns dos problemas fundamentais levantados pelas teses (neo)positivistas. Foi o pensador que construiu a ponte entre o positivismo lógico e a nova filosofia da ciência. No grupo destas novas tendências epistemológicas encontramos outros nomes sonantes como os de Thomas Kuhn (1922-1996), Imre Lakatos (1922-1974) e Paul Feyerabend (1924-1994), todos discípulos de Popper, com o qual vieram a manifestar discordâncias, mais ou menos, profundas, numa fase posterior.

Abordamos, agora, três divergências de Popper relativamente a teses do positivismo lógico, que são pontos essenciais na sua teoria: (1) problema da indução, (2) as teorias científicas e (3) problema da demarcação. O problema da indução tem honra de abertura do livro já citado. A questão abordada por Popper já tinha sido colocada anteriormente por David Hume pelo que é conhecida por problema de Hume. Em termos concretos, Popper critica a possibilidade de a partir de observações particulares se passar à generalização do conhecimento científico, através da produção de leis e teorias. A este propósito, Carrilho (1994) refere sobre o método indutivo que “a passagem do particular para o universal não pode, ao transitar do regime das observações para o da formulação de um enunciado, ser racionalmente justificada, ou mais precisamente, logicamente validada” (p. 32). Popper (2005) explicita as suas ideias sobre esta perspetiva indutivista de forma elucidativa:

O problema da indução pode, também, ser formulado como a questão da validade ou da verdade de afirmações universais que se baseiam na experiência, como as hipóteses e os sistemas teóricos das ciências empíricas. Muitas pessoas creem que a verdade destas afirmações universais é “conhecida pela experiência”; ainda que seja claro que o relato de uma experiência - de uma observação ou do resultado de uma experiência - pode, em primeiro lugar ser unicamente um enunciado singular e não universal. Por conseguinte, as pessoas que dizem de uma afirmação universal que conhecemos a verdade a partir da experiência, querem dizer que a verdade desta afirmação universal pode, de alguma forma, ser reduzida à verdade dos enunciados singulares, e que estes se sabe serem verdadeiros pela experiência; o que equivale a dizer que a afirmação universal se baseia na inferência indutiva (p. 4).

O problema do indutivismo pode ser analisado sob duas perspetivas diferentes: a da lógica e a da psicologia (Carrilho, 1994; Popper, 2005). A primeira pretende sublinhar a existência de uma ilegitimidade na passagem de proposições singulares para outras gerais, de natureza teórica e universal, preocupando-se com questões de justificação ou de validade desses enunciados teóricos (Popper, 2005). A segunda aborda a legitimidade das previsões científicas e segundo Carrilho (1994) traduz-se em “saber porque é que os homens vivem com a convicção de que os casos de que não têm experiência decorrerão no futuro conformemente aos casos de que tiveram experiência no passado” (p. 33). Esta convicção deriva do hábito e das repetições. Para Popper (2005), as inferências lógicas não são, no caso do raciocínio indutivo, plenamente justificadas, pelo que considera inválida a inferência indutiva. Assim, para este epistemólogo, nem as repetições sucessivas de observações ou experiências sensíveis oferecem garantias de que assim será para sempre.

Para Popper, a ciência não é indutiva, rejeitando, nomeadamente, “a versão probabilista do indutivismo defendida por Reichenbach” (Carrilho, 1994, p. 33).

Ao contrário dos positivistas lógicos, para quem as teorias científicas eram um isomorfismo do real e, como tal, verdadeiras, as teses popperianas defendem o carácter conjectural ou provisório dos enunciados científicos, como é referido por Chalmers (1994):

As teorias constroem-se como conjecturas ou suposições especulativas e provisórias que o intelecto humano cria livremente com a intenção de solucionar os problemas com que tropeçaram as teorias anteriores e de proporcionar uma explicação adequada do comportamento de alguns aspetos do mundo ou universo. (p. 59)

Salientamos a relevância que é dada, na citação anterior, ao papel da criatividade na construção das teorias. Para Popper, os cientistas têm a função de apresentar e testar teorias. Contudo, numa fase de elaboração inicial, os cientistas não obedecem à análise lógica do conhecimento que estão a (re)construir: “não existe tal coisa como um método lógico de ter novas ideias ou uma reconstrução lógica deste processo. O meu ponto de vista pode ser expresso afirmando que cada descoberta contém um «elemento irracional» ou uma «intuição criativa»” (Popper, 2005, p. 8). Numa fase posterior, essas teorias têm de ser colocadas à prova através de observações e experiências e, caso não as superem, devem ser eliminadas e substituídas por outras conjecturas (Chalmers, 1994). Desta forma, Popper faz ressaltar o carácter antidogmático da ciência, oposto à visão positivista, e consigna ao raciocínio dedutivo a primazia metodológica. De acordo com as suas teses, o conhecimento científico é provisório e mutável, pelo que rejeita o ideal de certeza enquanto crença epistemológica característica da tradição empiro-positivista.

As teorias, devido à sua natureza conjectural e especulativa, devem ser confrontadas com a sua capacidade explicativa do mundo real. Echeverría (2003) aponta quatro modos de contrastar uma teoria, na perspetiva popperiana: (1) estudar a sua coerência interna, investigando consequências derivadas e analisando a existência, ou não, de contradições; (2) averiguar se uma teoria é, ou não, empírica, em virtude da sua forma lógica, uma vez que existem teorias puramente tautológicas, respeitantes às ciências não-empíricas (caso da matemática e da lógica); (3) comparar diferentes teorias para averiguar se alguma delas representa um real avanço em termos de conhecimento relativamente à sua predecessora e (4) a aplicação empírica das consequências que dela derivam, sendo o confronto entre a teoria e a experiência um de entre outros procedimentos metodológicos. De acordo com alguns destes modos, denota-se que a observação e a

experiência, apesar do seu papel no confronto entre teoria e realidade, assumem uma nova concepção nas teses popperianas. O autor, além de criticar o conceito de experiência direta e imediata, base de posicionamentos atomistas lógicos (Echeverría, 2003), concebe as observações como estando impregnadas de teoria, destacando-se a dimensão racionalista das suas teses. Desta forma, nega qualquer *tábula rasa* no ser humano, defendendo que a observação é orientada pela teoria e que a pressupõe (Chalmers, 1994). Assim, a ciência não começa na observação mas sim na teoria que alimenta todo o processo de investigação, desde a formulação do(s) problema(s), à elaboração da(s) hipótese(s), ao planeamento experimental e à leitura e interpretação dos resultados. Como é salientado por Chalmers (1994), “os enunciados observacionais fazem-se sempre na linguagem de alguma teoria e serão tão exatos quanto o seja o quadro conceptual ou teórico que utilizam (...) Neste sentido, as teorias precedem a observação” (p. 48).

Segundo Carrilho (1994), Popper elaborou uma dupla rotura face ao indutivismo: (1) substituiu a atividade indutiva pela formulação de conjecturas e (2) estabeleceu como critério de cientificidade, a falsificabilidade e não a verificação ou confirmação. É em relação a este último aspeto relativo à demarcação entre ciência e conhecimento metafísico, que nos vamos debruçar em seguida.

De acordo com Popper, a possibilidade de uma proposição ou teoria poder ser falsificável é o que lhe confere, em termos lógicos, características de cientificidade (Gieryn, 1989; Popper, 2005). Segundo as suas palavras:

Na minha opinião, não existe algo como a indução. Assim, inferir para teorias, a partir de enunciados singulares que são ‘verificados pela experiência’ (seja lá o que isso for), é logicamente inadmissível. As teorias *nunca* são, portanto, empiricamente verificáveis. Se desejarmos evitar o erro positivista de eliminar, pelo nosso critério de demarcação, os sistemas teóricos das ciências naturais, então devemos selecionar um critério que nos permita admitir no domínio da ciência empírica, até enunciados que não possam ser verificados.

Mas eu, certamente, admito um sistema como empírico ou científico apenas se ele é capaz de ser *testado* pela experiência. Estas considerações sugerem que não é a *verificabilidade* mas a *falsificabilidade* de um sistema que deve ser tomada como critério de demarcação. Por outras palavras: eu não devo exigir de um sistema científico que ele seja capaz de ser apontado, de uma vez por todas, por meio de testes empíricos, num sentido negativo: *deve ser possível um sistema científico empírico ser refutado pela experiência*. (Popper, 2005, p. 18, itálico no original).

Como se depreende da citação anterior, há rejeição da indução e do critério de verificação empírica enquanto processos de demarcação científica em relação a outros tipos de

conhecimento e, em sua substituição, faz-se a apologia do falsificacionismo. Desta forma, uma teoria pode ser considerada científica se e só se puder ser logicamente falsificável, por via da experiência (no caso das ciências empíricas). Uma ‘boa teoria’ será aquela que apresentar uma maior abrangência acerca do mundo e que resiste, quando submetida a provas, às tentativas de refutação (Chalmers, 1994). Quanto maior for o grau de falsificabilidade de uma teoria, menor é a sua probabilidade lógica e maior é o seu conteúdo empírico (Echeverría, 2003).

Neste contexto de descontinuidade epistemológica, o progresso do conhecimento é feito por tentativa e erro. O próprio Popper estabeleceu uma analogia entre esse progresso e a perspectiva evolutiva darwinista, que é referida em Chalmers (1994). Tal como na evolução das espécies, também no caso das teorias somente sobrevivem as que forem resistindo às testagens. Quanto maior for a quantidade de testes que não refutam uma teoria, mais apta ela será para explicar a realidade e, dessa forma, maior será a sua aproximação à verdade (Echeverría, 2003). Convém salientar que esta perspectiva é diversa da do verificacionismo em que as experiências sensíveis e as observações têm a função de apoiar as leis e as teorias. Nas teses popperianas, como refere Praia (1995), “Se uma solução resiste conjecturada às críticas, à discussão pública, se é suficientemente forte, é temporariamente aceite, pelo menos enquanto não for novamente posta em questão pelo confronto dialético com novas ocorrências ou com uma nova hipótese suscetível de ser falsificável” (p. 65). Se uma hipótese ou teoria for refutada, com base em provas rigorosas, emerge um novo problema que exige a formulação de novas hipóteses ou tentativas de explicação, seguidas de novas críticas e provas (Chalmers, 1994). A nova teoria deve ser mais robusta que a anterior desde que consiga ultrapassar testagens e respetivas provas, perante as quais tombaram.

Não queremos deixar de abordar outros dois aspetos das perspectivas epistemológicas popperianas. Ainda que defenda uma epistemologia descontinuista, Popper foi, claramente, um cumulativista, isto é, considerava que o conhecimento científico é progressivo, resultado de um acréscimo de saber e em que a acumulação de conhecimentos se processa ao longo do tempo (Pombo, s/d). Era simultaneamente um filósofo que desvalorizava a influência do contexto exterior sobre a ciência, com uma visão internalista do empreendimento científico. Popper não tinha uma conceção exclusivamente individualista da atividade científica, tendo considerado que a ciência é

uma atividade social cuja relevância se faz notar através do alcance da intersubjetividade necessária à construção do conhecimento científico. Nas suas palavras:

[A sociologia do conhecimento] esquece o facto de que é o carácter público da ciência e das suas instituições o que impõe uma disciplina mental ao homem de ciência individual e o que salvaguarda a objetividade da ciência e a sua tradição de discutir publicamente as novas ideias (Popper, 1961, citado em Echeverría, 2003, p. 107).

Ainda que tenha valorizado a dimensão social na construção ciência, denota-se que o reconhecimento da importância das relações sociais está direcionado para o interior da própria comunidade e não para a sociedade, de uma forma geral, o que permite afirmar que reconheceu a dimensão sociológica interna da ciência, posteriormente caracterizada por Ziman (1984), como tendo um papel relevante na construção da ciência. O epistemólogo assumiu, ainda, uma visão a-histórica do empreendimento científico, na qual se pensa a ciência como entidade autónoma e que deve “ser estudada independentemente de quem a produz e das condições históricas da sua emergência” (Pombo, s/d).

O carácter inovador e fortemente normativo das teses de Popper, não impediu que fosse alvo de críticas. Sem termos qualquer pretensão em sermos exaustivos, vamos acrescentar as que considerámos mais relacionadas com a exposição feita anteriormente e que são veiculadas por Chalmers (1994): (1) os enunciados observacionais são falíveis, ou seja, não são necessariamente as teorias que estando ‘incorretas’ devam ser falsificadas; (2) não há qualquer lógica que afirme que tenha de ser a teoria rejeitada, em caso de confronto com a observação; (3) em ciência existem vários exemplos de rejeição de enunciados observacionais e de conservação das teorias com as quais eles estão em conflito; (4) cabe aos observadores a decisão de aceitarem, ou não, um determinado enunciado observacional, que pode decorrer, em parte, das experiências percetivas pertinentes, ainda que nenhuma dessas experiências seja suficiente para estabelecer a validade de um enunciado observacional; (5) qualquer observador pode ser impelido a aceitar um enunciado observacional, com base nas suas experiências percetivas e esse enunciado pode ser falso; (6) os próprios enunciados observacionais podem ser falsificáveis; (7) as teorias não se podem falsificar de modo conclusivo pois os enunciados observacionais que servem de base à refutação podem ser falsos à luz de progressos posteriores; (8) não se pode falsificar de forma concludente uma teoria pois não se pode excluir a possibilidade de que a responsável de uma previsão errónea seja alguma parte da

complexa situação de comprovação e não a teoria submetida a prova; (9) há casos em que apesar de enunciados observacionais refutarem a teoria, numa determinada época, essa teoria não foi refutada e isso foi benéfico para o progresso da ciência, como o caso do modelo copernicano que apresentava previsões de posições planetárias menos rigorosas que o geocentrismo de inspiração ptolomaica.

B- Das revoluções científicas

Thomas Kuhn foi impulsionador de uma nova visão acerca da epistemologia da ciência. Em 1962, publicou o seu livro mais relevante – *Estrutura das revoluções científicas* – considerado um clássico no campo da metodologia científica (Echeverría, 2003). Nela, o autor descreve e explica o seu modelo de ciência, debruçando-se, sobretudo, acerca dos processos que conduzem ao progresso científico.

A iniciar a abordagem ao modelo de ciência defendido por Kuhn, queremos afirmar que, ao contrário da visão internalista popperiana, ele advogou em prol de uma concepção externalista do empreendimento científico. Para aquele autor, as práticas científicas são, em parte, determinadas por circunstâncias externas e historicamente situadas, fatores que influenciam o percurso investigativo dos cientistas. Para o desenvolvimento desta epistemologia externalista contribuíram estudos no domínio da história e da sociologia da ciência. Estas áreas do saber vieram revolucionar a forma como se olhava a ciência, colocando em causa muitas das posições de pendor dogmático que se vinham aprofundando desde o século XVII, com o empirio-positivismo, e que se foram consolidando durante a era do positivismo lógico. As perspetivas que defendiam uma visão de ciência enquanto processo de lógica indutiva, em que os dados observacionais permitiam o desenvolvimento da teoria científica, foram rejeitadas pelos estudos históricos (Duschl, 1997). Como refere Vicente (2004), diversos pensadores em que se incluem Kuhn, Lakatos e Feyerabend foram corrosivos dos grandes títulos da nobreza da ciência, tais como, racionalidade, verdade, objetividade, universalidade e progresso cumulativo do conhecimento científico.

Na teoria kuhniana assume particular importância o conceito de paradigma. É em torno dele que Kuhn desenvolve as suas ideias acerca do progresso da ciência e sobre a forma como os cientistas realizam a sua atividade. Segundo o autor, ao escolher este termo “quis sugerir que alguns exemplos aceites de prática científica concreta – que

reúnem leis, teorias, aplicações e instrumentos – fornecem modelos que dão lugar a uma determinada tradição de investigação científica coerente” (Kuhn, 2009, p. 32). Outros autores têm concretizado este conceito referindo que se trata de “pressupostos teóricos gerais, as leis e as técnicas para a sua aplicação que são adotados pelos membros de uma determinada comunidade científica” (Chalmers, 1994, p. 128). No fundo, corresponde ao cerne do conhecimento substantivo de uma determinada área científica, incluindo as teorias, bem como, os aspetos instrumentais, técnicos e metodológicos que permitem o normal desenvolvimento da atividade dos cientistas. É, pois, justificável que Kuhn (2004) tenha afirmado que os investigadores que trabalham dentro de um mesmo paradigma praticam ciência normal. Neste domínio, os cientistas trabalham essencialmente para resolver enigmas ou *puzzles*, recorrendo a “determinadas linguagens e técnicas cuja eficácia para resolver problemas marcou profundamente o seu modo de considerar os fenómenos, associando-os ao paradigma vigente na comunidade científica da sua época” (Echeverría, 2003, p. 117).

Contudo, uma ciência que tenha atingido a sua maturidade conceptual, através do estabelecimento de um paradigma, teve de ultrapassar uma fase anterior pré-paradigmática ou multiparadigmática (Carrilho, 1994). Neste contexto surgem duas ou mais propostas teóricas que entram em competição pela explicação mais adequada de um ou mais fenómenos. Nesta fase, também designada de pré-científica, há uma ausência de critérios que permita a seleção de factos pois todos parecem igualmente relevantes e a atividade científica é desorganizada e diversificada:

Na ausência de um paradigma ou de algum candidato a paradigma, todos os factos que poderiam pertencer ao desenvolvimento de uma dada ciência aparecem, com toda a probabilidade, como igualmente relevantes. Por conseguinte, a recolha de factos num estágio inicial é uma atividade bastante mais fortuita do que a que se tornou familiar com o desenvolvimento científico subsequente (Kuhn, 2009, pp. 37-38).

Na fase pré-paradigmática existe um conjunto de escolas com linhas teóricas próprias pelo que, nas palavras de Giere (1989), “não faltam paradigmas mas um paradigma *dominante* que possa canalizar as energias da vasta maioria dos praticantes que se debruçam sobre o mesmo assunto” (p. 76, *itálico no original*). Há, assim, uma rivalidade entre abordagens distintas. Ao fim de algum tempo, a comunidade, que se constitui a partir do consenso em torno de ideias comuns e partilhadas, acaba por selecionar o paradigma mais bem-

sucedido, isto é, aquele que permite a resolução dos problemas, reconhecidos como cruciais pelos cientistas (Kuhn, 2009). Assim, “O sucesso de um paradigma (...) é, em grande medida, no início, uma promessa de êxito, discernível em exemplos selecionados e ainda incompletos” (Kuhn, 2009, p. 48).

No momento de adoção de um mesmo paradigma, todas as crenças anteriormente acumuladas e dispersas desaparecem e uma das escolas anteriores acaba por triunfar. A investigação passa a integrar as linhas teóricas do paradigma adotado pela comunidade, que se constituem como padrão ou modelo, pelo que “só algumas experimentações e fenómenos são interessantes, mas devem ser investigados sistematicamente e não ao acaso” (Echeverría, 2003, p. 120). A atividade de resolução de problemas, de natureza teórico e/ou experimental, é governada por normas do paradigma. O paradigma vai-se implantando e assumindo a sua centralidade nas práticas científicas, criam-se revistas e sociedades científicas, cátedras, departamentos universitários e entra-se num período de ciência normal. Desta forma, Kuhn irrompe com uma das críticas mais estruturadas ao refutacionismo popperiano ao sublinhar que durante o período de ciência normal, a atividade científica não procura refutar as teorias vigentes, buscando, isso sim, clarificar aspetos mais nebulosos do paradigma e embrenhando-se na resolução de problemas e enigmas previstos ou previsíveis, mas sempre dentro da linha teórica definida pelo paradigma. O que surge aos olhos da comunidade como ‘novo’ é considerado com desconfiança e, muitas vezes, ignorado ou considerado intolerante, como menciona Kuhn (2009): “A ciência normal, por exemplo, faz muitas vezes vista grossa a novidades fundamentais porque elas subvertem necessariamente as suas convicções de base” (p. 24). Efetivamente, na conceção que o autor desenvolve acerca da ciência normal, ele afirma que o seu objetivo não é o de inventar novas teorias, nem descobrir novos tipos de fenómenos. É um regime que, obedecendo a um paradigma, os cientistas procuram manter (Carrilho, 1994), sendo, essencialmente, uma atividade que permite conservar o estabelecido, como se depreende das suas palavras:

A ciência normal, a atividade de resolução de enigmas (...), é uma empresa predominantemente cumulativa, que tem tido imenso êxito no seu objetivo – o aumento progressivo da abrangência e precisão do conhecimento científico. (...) A ciência normal não ambiciona às novidades factuais ou teóricas e, quando bem-sucedida, não as encontra (Kuhn, 2009, p. 83).

Contudo, por vezes, emergem factos que o quadro conceptual e teórico do

paradigma não consegue explicar e que até o podem chegar a contradizer (Echeverría, 2003). Estas situações não implicam, necessariamente, o desmoronar do paradigma pois podem ser consideradas fracassos de natureza metodológica ou outra, atribuíveis aos cientistas, mais do que uma insuficiência paradigmática. Ainda assim, Kuhn (2009), considera as anomalias como situações naturais uma vez que o paradigma não habilita os cientistas a explicarem tudo ou a resolver todos os problemas. Como é mencionado por Carrilho (1994), “Só quando o paradigma adotado não suporta mais o confronto com um excesso de *anomalias* é que eles, não sem um profundo mal-estar, se dispõem a procurar ou a considerar outro paradigma” (p. 40, *itálico no original*). É desta forma que um conjunto de anomalias que se vão acumulando, sem que elas sejam superadas, acaba por gerar um período de crise (Echeverría, 2003), que conduz a uma situação multiparadigmática, próxima à do período pré-paradigmático (Giere, 1989). Este período “termina apenas quando a teoria-paradigma é reajustada por forma a que o que é anómalo passe a ser expectável” (Kuhn, 2009, p. 84). O que o autor destaca é que um paradigma só é substituído quando outro é aceite pela comunidade. Ainda assim, há cientistas que rejeitam esse processo de alteração e se mantêm epistemologicamente ligados ao paradigma anterior:

Mas há sempre aqueles que se agarram a uma ou outra das perspetivas mais antigas, sendo pura e simplesmente excluídos da profissão que a partir desse momento passa a ignorar o seu trabalho. O novo paradigma impõe uma nova e mais rígida definição do campo de investigação. Aqueles que não querem, ou não podem, adaptar o seu trabalho ao paradigma, ficam isolados ou associam-se a um outro grupo (Kuhn, 2009, p. 42).

Segundo Giere (1989), são, habitualmente, os profissionais mais velhos que não se convertem à mudança paradigmática, pois foram educados segundo a tradição anterior. Aos poucos essa geração de cientistas vai dando lugar a outros, mais novos, que já foram educados no seio do novo paradigma.

A emergência de um novo paradigma coincide com um período de revolução científica, que implica a adesão dos cientistas a essa nova mundivisão, a uma mudança de *gestalt*, num processo de rutura ou descontinuidade epistemológica com o paradigma anterior (Chalmers, 1994; Giere, 1989), em que as coisas passam a ser vistas de forma diferente. Este processo de adesão pode ser explicado por fatores vários (psicológicos, sociológicos, institucionais), sem que haja necessariamente um argumento puramente

lógico ou racional que revele a sua superioridade em relação ao paradigma antecedente. Alguns desses fatores incluirão a simplicidade, a relação do paradigma com alguma necessidade urgente, a capacidade de resolver algum tipo de problemas (Chalmers, 1994), bem como crenças, valores e normas que facilitam a adesão dos cientistas a determinadas perspectivas. Poder-se-á questionar por que os cientistas não selecionam o paradigma, recorrendo à discussão das diferentes abordagens. Giere (1989) menciona que tal se deve à incomensurabilidade das tradições rivais. E em que consiste esta incomensurabilidade paradigmática? Para Kuhn (2009), os cientistas que apoiam paradigmas em competição, possuem mundivisões diferentes que tornam o paradigma rival incompreensível à luz do paradigma que defendem:

Os proponentes de paradigmas rivais têm sempre objetivos contrários, nem que seja ligeiramente. Nenhuma das partes admitirá algum dos pressupostos não empíricos de que a outra tem de partir para defender a sua posição. (...) Embora cada uma delas possa ter esperança de converter a outra ao seu modo de ver a disciplina e os problemas desta, nenhuma delas pode esperar fazer valer as suas razões. A competição entre paradigmas não é o tipo de batalha que possa ser decidida através de provas (Kuhn, 2009, p. 202).

Após o estabelecimento do novo paradigma, regressa um outro período de ciência normal, com características idênticas às já descritas, até que surjam novas anomalias relevantes para se desencadear nova crise. É, portanto, nos momentos de revolução científica que a ciência avança e progride, uma vez que durante a ciência normal, “Os conceitos, os métodos, os instrumentos e os formalismos são distintos, mas volta a haver de novo um paradigma dominante, que tem os seus próprios *puzzles*, anomalias e generalizações a levar a cabo” (Echeverría, 2003, p. 124). Efetivamente, se a atividade científica se cingisse a períodos de ciência normal, ver-se-ia enclausurada num único paradigma e jamais haveria progressos para além dos que ele comporta (Chalmers, 1994), característica que permite demarcar a ciência de outras formas de conhecimento. Contudo, devemos sublinhar que para Kuhn um novo paradigma não significa que estejamos mais próximos de uma suposta verdade, uma vez que o autor rejeita a ideia de que a ciência normal ou revolucionária sejam representações isomórficas do mundo (Giere, 1989).

A filosofia da ciência, tal como a desenvolveu Kuhn através da teorização apresentada, é inovadora em três aspetos essenciais, segundo Vicente (2004): (1) determina a dependência do progresso científico de condições históricas e sociais, atribuindo ao conhecimento, uma forte componente contextual; (2) sublinha a

interferência que crenças, valores e pressupostos metafísicos assumem sobre a dimensão racional da ciência, único elemento até aqui que permitia justificar a atividade científica e (3) toma partido pela intersubjetividade necessária a processos de debate, discussão e de tomada de decisão, consignando papel decisivo aos acordos entre cientistas.

Alguns pressupostos das teses kuhnianas foram alvo de críticas ao longo do tempo. Um dos principais opositores foi Popper, cujas perspectivas acerca da ciência são, maioritariamente, distantes das propostas avançadas por Kuhn. Dois dos conceitos mais estruturantes da teoria foram, simultaneamente, dos mais polémicos: o conceito de paradigma e o de incomensurabilidade. As críticas levaram Kuhn a incluir um posfácio, que foi publicado numa tradução japonesa do livro, datada de 1969, após sugestão de um seu ex-aluno e, simultaneamente, integrada na edição em língua inglesa (Kuhn, 2009). Neste posfácio, o autor procurou responder às principais críticas dirigidas ao texto publicado em 1962. Aqui, apresentamos, de forma breve, alguns dos esclarecimentos prestados por Kuhn acerca dos dois pontos polémicos citados anteriormente.

Relativamente à noção de paradigma, Kuhn (2009) defende-se dos que o acusaram de ter confundido o conceito com o de comunidade científica. Esta é, segundo o autor, formada pelos membros que compartilham o mesmo paradigma, exercendo a sua atividade numa especialidade científica. Já o paradigma é o que os membros de uma comunidade compartilham. Aos que o acusam de utilizar o termo paradigma com 22 sentidos diferentes, Kuhn responde que tal só se pode dever a inconsistências estilísticas que facilmente podem ser eliminadas. Porém, reconhece que o conceito é utilizado com dois propósitos diferentes: (1) num sentido sociológico, correspondente ao conjunto de crenças, valores, técnicas compartilhadas pelos membros da mesma comunidade; (2) no sentido de uma realização científica exemplar, quando as resoluções de enigmas já concretizadas vão servir de exemplos para a resolução de outros enigmas, podendo substituir regras explícitas. Para Kuhn, este último sentido de paradigma é o mais profundo, do ponto de vista filosófico.

Com a finalidade de ultrapassar as possíveis dificuldades associadas ao significado de paradigma, o epistemólogo propõe substituí-lo pelo conceito de matriz disciplinar. Para a sua conceptualização, propõe a existência de quatro componentes incluídas no conceito (Kuhn, 2009): (1) as generalizações simbólicas, respeitantes a expressões não controversas, utilizadas pelos membros de um grupo, e que podem ser reduzidas a uma

forma lógica; (2) as partes metafísicas de paradigmas ou modelos, com uma vertente ontológica e outra heurística, decorrendo dos comprometimentos partilhados com crenças; (3) valores, largamente partilhados por diferentes comunidades e que contribuem para dar sentido ao espírito de comunidade de pertença aos cientistas; (4) exemplo, relativo à resolução concreta de problemas, a partir da qual se pode explicar um fenómeno e quando, através de exemplos, se mostra como os estudantes devem fazer o seu trabalho.

Sobre a incomensurabilidade de paradigmas rivais, Kuhn esclarece que se trata de um problema decorrente da escolha entre duas teorias incompatíveis, devendo os respetivos defensores ser vistos como membros de duas comunidades linguísticas distintas. Assim, acabam por emergir problemas de comunicação que não são mais do que problemas de tradução em que cada parte tem de convencer a outra acerca de uma suposta superioridade da sua teoria, utilizando processos persuasivos, relegando, desta forma a racionalidade dos processos de escolha do paradigma para um plano inferior. Desta forma, Kuhn é considerado um relativista linguístico e relativista.

C – Programas e tradições de investigação

Outros dois filósofos que se podem enquadrar numa abordagem historicista da ciência são Imre Lakatos e Larry Laudan (1941-). O primeiro deles é influenciado pelas teses popperiana e kuhniana de ciência mas, simultaneamente, é crítico em relação a algumas das perspetivas das duas propostas epistemológicas. Contra o falsificacionismo metodológico popperiano, que caracterizou como ingénuo, Lakatos propõe um falsificacionismo sofisticado, que será a sua principal tese no âmbito da filosofia da ciência (Lakatos, 1978). Nesta perspetiva, “uma teoria nunca é refutada pela observação nem por uma experiência decisiva mas (...) por outra teoria rival. Os cientistas abandonam uma teoria por outra em função do maior conteúdo empírico da segunda (...)” (Echeverría, 2003, p. 135). Podemos encontrar aqui algumas semelhanças com o período de crise científica caracterizado por Kuhn, durante o qual há competição entre paradigmas rivais. Contudo, ao contrário deste autor, Lakatos propõe uma via racional para a decisão em torno da perspetiva teórica que acaba por triunfar, o que denota uma maior aproximação a teses popperianas, nas quais a objetividade e a racionalidade científicas eram indiscutíveis.

Lakatos publicou, em 1978, uma obra onde expõe os fundamentos da sua teoria sobre ciência - Metodologia dos programas de investigação científica. Nela aborda várias questões relacionadas com a epistemologia não indutiva e racional de Popper e sobre a perspectiva não indutiva e irracional, de Kuhn, considerando que este filósofo não atribui uma causa racional particular para o emergir de uma crise e sua resolução.

Para Lakatos, as teorias constituem estruturas muito organizadas nas quais os conceitos adquirem significado. É com este pressuposto que desenvolve o conceito de programas de investigação científica, com o qual procura solucionar alguns dos problemas que não obtiveram resposta com as teses de Popper e de Kuhn (Lakatos, 1978). Para alguns autores o conceito de programa de investigação é equiparado ao paradigma kuhniano (Giere, 1989). Mas, o que constitui um programa de investigação lakatosiano?

Segundo as teses de Lakatos (1978), existem três componentes essenciais num programa de investigação: o núcleo duro ou central, a heurística negativa e a heurística positiva. O primeiro corresponde a regras metodológicas e ao conjunto das teorias e leis universais, que são inalteráveis e que servem de guia às investigações futuras. Este núcleo duro ou central está envolvido por uma cintura de proteção formada por hipóteses auxiliares que sustentam as conjecturas principais e que podem ser substituídas ao longo do tempo (Chalmers, 1994; Giere, 1989). A segunda componente – heurística negativa – consiste numa regra metodológica que proíbe a utilização de contraexemplos para refutar afirmações do núcleo duro (Giere, 1989), evitando, desta forma, o recurso a refutações de estilo popperiano. Em oposição, a heurística positiva consiste em normas metodológicas que potenciam o desenvolvimento do conjunto de hipóteses auxiliares que contribuem para o fortalecimento do programa de investigação, indicando percursos investigativos que devem ser seguidos. Como se depreende da função de cada um dos componentes referidos, para Lakatos as refutações são insignificantes, sendo mais importantes os contextos de confirmação empírica que fortalecem o programa de investigação (Giere, 1998). Segundo o autor, o valor de um programa de investigação pode ser avaliado por dois fatores interdependentes: a quantidade de teorias produzidas e de previsões que pode garantir.

Lakatos considerou que não há períodos históricos de revolução científica. Existem sim períodos em que um novo programa científico, considerado progressivo, por gerar previsões novas verificáveis experimentalmente, ultrapassa o outro, em que tal não

sucede (Giere, 1989). Em termos de critérios de demarcação tentou evitar a tendência epistemológica irracionalista, de que acusa as teses kuhnianas. Para o autor, os programas de investigação científica diferem de outros de investigação metafísica ou teológica, pois os primeiros têm a capacidade de gerar mais conteúdo empírico, através da heurística positiva, e de preverem fenómenos novos (Giere, 1989).

Por fim, queremos ainda, apresentar algumas das linhas do pensamento de Laudan, no domínio da epistemologia. Este filósofo da ciência, que se opôs ao positivismo lógico e à abordagem popperiana mas, também ao relativismo epistemológico, desenvolveu a conceção de tradição de investigação em alternativa aos programas de investigação científica de Lakatos, que apresentou no livro publicado em 1977 – *Progresso e seus problemas: para uma teoria do crescimento científico*. Uma tradição de investigação integra vários programas e teorias científicas e “fornece linhas orientadoras para o desenvolvimento de teorias específicas” (p. 79). Para Laudan, a ciência é uma atividade de resolução de problemas, ponto de convergência com as teses kuhnianas, sendo os valores de verdade e falsidade totalmente irrelevantes nesse mesmo contexto, pois a ciência não busca a verdade, mas sim resolver problemas e obter respostas que se enquadrem nas teorias. Assim, quanto maior for o número de problemas científicos que uma tradição de investigação ou teoria consiga solucionar, maior é a sua cientificidade e maior o seu contributo para o progresso (Echeverría, 2003; Giere, 1998). Os critérios de cientificidade têm, segundo Laudan, variado ao longo do tempo, pelo que considera que não existe uma racionalidade a-histórica, o que tem contribuído para a dinâmica da empresa científica.

A resolução de problemas é, desta forma, a finalidade primeira da tradição de investigação. Os problemas são categorizados em dois grupos distintos: (1) problemas empíricos, gerados a partir de resultados empíricos que não são explicáveis pelas teorias em vigor ou que são desconformes com essas mesmas teorias (Hodson, 2008). Neste caso, surgem anomalias quando os resultados são justificados por uma outra teoria rival; (2) problemas conceptuais, que considera como mais graves que os anteriores, por serem intrínsecos às próprias teorias (problemas conceptuais internos) caso surjam inconsistências, ou por entrarem em conflito com outras teorias (problemas conceptuais externos) (Giere, 1989).

D – O anarquismo epistemológico

Outro autor que valoriza a dimensão histórica da ciência é Feyerabend. Segundo ele, “a ciência é um *processo histórico* complexo e heterogêneo que contém antecipações incoerentes e vagas de ideologias futuras a par de sistema teóricos altamente elaborados e formas antigas e petrificadas de pensamento” (Feyerabend, 1993, p. 145, *itálico no original*). Feyerabend foi um filósofo, crítico do *mainstream* científico, em particular da noção de ciência enquanto cânone epistémico tradicional. Desenvolveu uma visão anarquista da empresa científica e rejeitou a existência de regras metodológicas universais e características da demarcação da ciência face a outras formas de conhecimento.

Este autor, de origem austríaca, publicou, em 1975, uma das mais polémicas obras no domínio da filosofia da ciência – *Contra o método* – na qual pôs “em causa toda a tradição da filosofia das ciências desde Bacon e se recomenda como a posição mais aceitável face às ciências a de um anarquismo epistemológico” (Carrilho, 1994). Outra obra de relevância, publicada em 1978, é *Science in a free society*. Devido às suas teses inovadoras e à sua posição contra-indutivista, anarquista e irracionalista quanto à produção de conhecimento científico, é apontado como um dos ícones do relativismo em ciência. Em seguida, apresentam-se algumas das suas ideias, agregadas em torno de três ideias principais: o pluralismo metodológico, a incomensurabilidade e a relação entre ciência e outras formas de conhecimento.

Como se pode depreender do título da obra ‘Contra o método’, Feyerabend nega a existência de um método científico universal, simplista, algorítmico, fundado em regras ingênuas, muito precisas e imutáveis. Ele chegou a afirmar que o monismo metodológico é incompatível com a história e progresso da ciência, tendo sido muito crítico das metodologias indutivistas e falsificacionistas (Chalmers, 1994). Nas suas palavras:

A ideia de um método que incluía princípios firmes, imutáveis e absolutamente vinculativos de condução dos assuntos da ciência depara com dificuldades consideráveis quando a confrontamos com os resultados da investigação histórica. Descobrimos, com efeito, que não há uma única regra, ainda que plausível, e ainda que firmemente alicerçada em termos epistemológicos, que não tenha sido uma ou outra vez violada. Torna-se evidente que tais violações não acontecem por acaso, não são resultados de uma insuficiência do conhecimento ou de uma desatenção passíveis de serem evitadas. Pelo contrário, vemos que foram elementos necessários ao progresso. (...) Mais especificamente, é possível demonstrar o seguinte: dada qualquer regra, embora «fundamental» ou «racional», há sempre circunstâncias em que é aconselhável não só ignorar a regra, como contrariá-la (Feyerabend, 1993, p. 29).

Para Feyerabend, as regras possuem limitações e a metodologia tradicional da ciência não tem sido particularmente útil para guiar a atividade dos cientistas e o progresso da ciência, que só tem ocorrido devido a violações do método convencional (Vicente, 2004).

Sendo um adepto das teses kuhnianas, Feyerabend recorre, por vezes, a conceitos que foram por elas introduzidos, como o de revolução científica. Segundo ele, as transformações metodológicas que emergiram durante processos de revolução científica levaram os cientistas a seguir, em alguns casos, regras contrárias às prescritas, pelo que “A ideia de um método fixo e estável, ou a noção paralela de uma racionalidade invariável ao longo dos tempos, devem ser abandonadas” (Echeverría, 2003, p. 225). Desta forma, Feyerabend contestou a metodologia científica defendida por tradições epistemológicas com pressupostos baconianos e popperianos, considerando-a como um entrave ao conhecimento, uma vez que “os principais desenvolvimentos da história da ciência se fizeram à revelia das regras estabelecidas, e há entre eles e a prática dos cientistas um inultrapassável abismo” (Carrilho, 1994, p. 45). Mais do que ser contra o método científico, Feyerabend discorda, em absoluto, da imposição de regras que sejam castradoras da imaginação, da criatividade, da aposta em ideias diferentes e de novas formas de perceber o mundo que, segundo ele, estão na base da proliferação de teorias inovadoras que revolucionam o mundo da ciência, conforme salienta Echeverría (2003): “Já não basta contrastar teorias e experiências, ainda que com um espírito refutador e falsificacionista. Segundo Feyerabend, o que se deve fazer é propor ideias diferentes, recorrendo para tanto ao que seja preciso, enquanto fonte de inspiração” (p. 225).

É tendo em conta, por um lado, esta rejeição da ideia de um método, que espartilha a atividade científica com a obrigatoriedade do cumprimento de regras, de validade universal e, por outro, a aceitação de percursos próprios e contextualmente situados, bem como a defesa de uma perspetiva mais humanista de ciência, que se pode falar na assunção da pluralidade ou de um liberalismo metodológico (Echeverría, 2003) contido nas teses feyerabendianas. Só através deste pluralismo metodológico e da proliferação teórica é que se permite o progresso da ciência, uma vez que a uniformidade enfraquece o poder crítico e o desenvolvimento individual (Feyerabend, 1993).

Associada a esta visão pluralista, Feyerabend rejeita certas distinções clássicas em termos da filosofia da ciência como as já abordadas por outros autores: (1) contextos de descoberta e de justificação, (2) o observacional e o teórico e (3) ciência e não-ciência

(Carrilho, 1994). No início do capítulo 15, do 'Contra o método', afirma perentoriamente que nenhuma daquelas distinções faz parte da prática científica. Em relação à primeira, o autor esclarece que “a questão é saber em que medida a distinção adiantada reflete uma diferença real e se a ciência pode avançar sem uma interação intensa entre os domínios separados” (Feyerabend, 1993, p. 195). Também Echeverría (2003) inclui uma reflexão sobre esta separação contextual, no quadro epistemológico definido por Feyerabend, referindo que

A fase de descoberta pode ser perfeitamente irracional e as suas práticas podem estar em oposição à reconstrução racional da teoria que depois o epistemólogo operará. A descoberta científica não se submete a um método fixo. Pelo mesmo motivo, é contrária ao contexto de justificação. Por outro lado, a ciência só pode, em muitos casos, chegar à existência se o cientista prescindir por completo do contexto de justificação (p. 226).

Assim, aquele autor conclui que a distinção entre contexto de descoberta e de justificação é irrelevante, pelo que deve ser abandonada. Já sobre a recusa em separar conteúdos teóricos dos observacionais, Feyerabend defende que tanto as teorias como as observações podem ser rejeitadas por implicações mútuas: “as teorias podem ser postas de lado por causa de observações conflituais, as observações podem ser postas de lado por motivos teóricos” (Feyerabend, 1993, p. 197). Em termos justificativos, o autor argumenta que a experiência e suposições teóricas surgem simultaneamente e não uma antes da outra. Por outro lado, uma experiência, sem fundamento teórico, é tão inverosímil quanto uma teoria sem experiência. Continuando a citar as palavras de Feyerabend,

elimine-se parte do conhecimento teórico de um sujeito sensorial e teremos uma pessoa completamente desorientada e incapaz de realizar a ação mais simples. Elimine-se um pouco mais do seu saber e o seu mundo sensível (a sua “linguagem de observação”) começará a desintegrar-se, as cores e outras sensações simples desaparecerão até que o sujeito se veja num estágio ainda mais primitivo do que o de uma criança pequena (Feyerabend, 1993, p. 197).

Por fim, a terceira distinção focada, leva-nos à demarcação entre ciência e não-ciência. Fazemos notar que as teses feyerabendianas estão fortemente arreigadas a uma conceção cultural e científica pluralista pelo que ao rejeitar a estipulação de regras metodológicas se impossibilita a distinção entre ciência e não-ciência, situação que se defende, também, em nome do anarquismo epistemológico (Carrilho, 1994).

Para Feyerabend, na empresa científica coexistem teorias rivais que procuram

explicar um mesmo fenómeno. Essas teorias são, nas palavras do autor, frequentemente incomensuráveis. Ainda que utilize um conceito original das teses kuhnianas, Feyerabend considera que o seu conceito de incomensurabilidade não coincide exatamente com o de Kuhn. Este centrou-se nos conceitos, nas percepções e nos métodos característicos dos paradigmas incomensuráveis enquanto para Feyerabend a incomensurabilidade significa a ausência de relações dedutivas entre teorias (Echeverría, 2003). Associada à incomensurabilidade, surge o papel que a teoria desempenha no processo de observação pois,

Em alguns casos, os princípios fundamentais de duas teorias rivais podem ser tão radicalmente diferentes que não seja possível nem sequer formular os conceitos básicos de uma teoria nos termos da outra, pelo que as duas teorias rivais não partilharão nenhum enunciado observacional. Nestes casos, não é possível comparar logicamente as teorias rivais (Chalmers, 1994, p. 191).

Há, contudo, quem negue esta característica da ciência ao “sustentar o primado da razão na atividade científica” (Echeverría, 2003, p. 229). No entanto, Feyerabend ainda que aceite a racionalidade como uma das componentes da ciência, afirma que na seleção entre duas teorias incomensuráveis com a mesma capacidade explanatória é usual intervirem outros fatores na decisão final, o que torna a eleição subjetiva. Sendo as teorias incomensuráveis, o que fica depois da impossibilidade de as comparar, do ponto de vista lógico-dedutivo, são juízos estéticos e de valor, preconceitos metafísicos, desejos religiosos, ou seja, o que resta são desejos subjetivos, que acabam por influenciar a seleção da comunidade científica. Esta é, talvez, uma das suas teses mais criticáveis, na opinião de Chalmers (1994). Para este autor, há sempre algum elemento subjetivo no momento de eleição de uma teoria em lugar de outra, pois há sempre fatores externos (prestígio e carreira do cientista, atribuição de financiamento para a investigação, entre outros) que condicionam a atividade científica. Contudo, isto não significa que os cientistas estejam imunes aos argumentos racionais, estando as escolhas sujeitas ao escrutínio crítico de toda uma comunidade.

Por fim, queremos frisar alguns aspetos das teses feyerabendianas sobre o estatuto social da ciência face a outras formas de conhecimento. De acordo com essas teses, a ciência não é necessariamente uma instituição social que mereça mais crédito do que outras quanto ao conhecimento que produz. Segundo Feyerabend (1993), “nem a ciência nem a racionalidade são critérios universais de medida de excelência” (p. 291).

Para ele, os adeptos da ciência não investigam, de forma adequada, outros tipos de conhecimento. Se queremos comparar a ciência com outras formas de conhecimento que com ela são incomensuráveis, será necessário investigar a natureza, os objetivos e os métodos de ambas, sem o qual dificilmente se poderá optar pela defesa de uma em função das outras (Chalmers, 1994). Este autor, apoiando as ideias de Feyerabend respeitantes ao estatuto epistémico de diferentes saberes refere que “Não é lícito, por exemplo, rejeitar o marxismo sobre a base de que não se ajusta a alguma ideia pré-concebida do método científico, como o faz Popper, ou defendê-lo por motivos semelhantes, como o faz Althusser” (Chalmers, 1994, p. 197). Contudo, a ciência tem sido uma área do conhecimento privilegiada, na opinião de Feyerabend. Segundo ele, há uma relação estreita entre o Estado e a ciência, pelo que a sociedade não é livre pois dá-se preferência à ciência em relação a outras formas de conhecimento. Na sociedade ideal de Feyerabend, o Estado devia ser ideologicamente neutro, pois “Uma sociedade livre é uma sociedade na qual todas as tradições têm iguais direitos, igual acesso à educação e a outras posições de poder” (Feyerabend, 1993, p. 310), defendendo uma separação da ciência e da sociedade e uma maior igualdade de oportunidades entre as várias tradições epistémicas.

2.1.3 Estudos sociais de ciência

A teoria de Kuhn teve um forte impacto junto das comunidades de historiadores e de sociólogos da ciência, para além das repercussões no domínio da filosofia da ciência (Echeverría, 2003). A profunda crise em que mergulharam, posteriormente, as teses da conceção herdada originou a proliferação de novas visões acerca da empresa científica e da forma como se produz conhecimento.

Na década de 1970, começaram a surgir tendências epistemológicas marcadas pelo abandono de modelos de desenvolvimento científico assentes em processos revolucionários ou de progresso racional. Uma destas novas tendências surge pela voz de Willard Quine (1908-2000) que promove uma visão mais holística de ciência, rejeitando a separação entre juízos analíticos e sintéticos. As propostas de Quine foram favoráveis a uma epistemologia naturalizada que emerge por oposição a ideias que procuravam reduzir a ciência a cálculos lógicos e a sistemas formais (Echeverría, 2003). A epistemologia naturalizada recusa normas de cientificidade com base em critérios absolutos, intemporais

e igualmente aplicáveis a todas as circunstâncias de investigação. Como refere aquele autor: “Não existem fundamentos últimos nem critérios absolutos no que se refere ao conhecimento científico. Nega, também, que seja possível descobrir uma fundamentação externa para a ciência, por exemplo, na lógica” (p. 203). Com o advento de novas concepções sobre ciência, surgem, também, ideias mais esclarecidas sobre o papel da componente social na atividade científica, manifestada através das práticas de investigação.

A sociologia da ciência foi-se erigindo como uma vertente fundamental de análise do trabalho científico ao estudar as condições sociais da produção do conhecimento. Outros fatores, externos à atividade científica, como os sociais, económicos, políticos, ideológicos foram percebidos como influentes na atividade científica e contribuíram para a formação de uma concepção de ciência que a afasta de aspetos de natureza meramente lógicos ou racionais. Hodson (2008) afirma que há um conjunto de fatores que influencia a aceitação de uma teoria por uma comunidade científica. Desta forma, este autor procura desmistificar uma imagem de ciência autoritária, dogmática e tradicional que a sociedade foi apropriando mas que não corresponde ao que ocorre durante o trabalho científico:

As experiências e a observação não são tão decisivas quanto afirmamos. Fatores adicionais que desempenham um papel na aceitação das teorias incluem os seguintes: intuição, considerações estéticas, semelhança e consistência entre teorias, modas intelectuais, influências sociais e económicas, estatuto do(s) proponente(s), motivações pessoais e oportunismo (p. 123).

Para além destes, Hodson (2008) refere, ainda, a elegância, a simplicidade e a parcimónia como elementos que podem fazer ganhar adeptos para uma determinada teoria, chegando a citar que numa conversa entre Einstein e Heisenberg, este argumentou que a simplicidade das boas ideias é fortemente indiciadora da sua verdade.

Contudo, nem sempre estas tendências pós-modernistas de ciência prevaleceram no discurso da comunidade dos sociólogos. No início dos anos 40, Robert Merton (1910-2003), influenciado pelas teorias sociais de Max Weber (1864-1920), identificou quatro imperativos institucionais ou normas funcionais que deviam governar as práticas e o comportamento individual dos cientistas (Hodson, 2008; Kalleberg, 2010). Estes preceitos compõem, na perspetiva daquele sociólogo, o *ethos* científico, ou seja, o conjunto de normas e valores que são garantia da ‘boa ciência’, tornando-a socialmente neutra e que devem servir de orientação à atividade do cientista, se este quiser ser merecedor de

reconhecimento social. Mais conhecido pelo acrónimo CUDOS, as normas mertonianas incluem: (1) comunismo, na qual se defende que o conhecimento científico é património público e não privado. Os cientistas devem agir de acordo com o bem comum, evitando secretismos, e devem publicar os resultados das suas investigações para que outros possam ter acesso a essa informação e utilizá-la noutros estudos; (2) universalismo, em que se consigna que os critérios de objetividade, racionalidade e impessoalidade devem prevalecer na avaliação do conhecimento, que se pretende universal; (3) desinteresse, advogando que o único objetivo da ciência deve ser o da procura da verdade, isentando-o de quaisquer motivações políticas ou económicas ou de vantagens pessoais (p.e., de carreira ou reputação), por parte de quem o produz; (4) ceticismo organizado, que traduz a necessidade de submeter o conhecimento produzido ao escrutínio da comunidade, segundo procedimentos claramente estabelecidos. Posteriormente, outras normas foram adicionadas por discípulos de Merton, das quais destacamos duas: (5) racionalidade, em que se afirma que a ciência usa métodos racionais para gerar e validar os enunciados de conhecimento e (6) neutralidade emocional, na qual se admite que os cientistas não devem aderir a teorias ou ideias por questões pessoais, mas que se devem guiar pelas evidências empíricas para a sua adoção ou rejeição.

Uma das críticas apontadas por outros sociólogos às normas mertonianas refere que elas não orientam a prática, sendo “usadas retrospectivamente pelos cientistas para dignificar o que realizaram e para impressionar os não-cientistas” (Hodson, 2008, p. 130), pelo que padecem de uma falta de adequação à realidade. Em oposição a estas normas, um outro autor – Mitroff (1974, citado em Hodson, 2008) – enunciou um sistema de contra-normas que tiveram a pretensão de dar uma perspetiva oposta à de Merton: (1) secretismo, substitui o comunismo; (2) particularismo, em oposição ao universalismo; (3) o interesse individual ou em grupo, contrário ao desinteresse mertoniano; (4) exercício de julgamento, face ao ceticismo organizado; (5) não racionalidade, em oposição à racionalidade e (6) compromisso emocional, frente à neutralidade emocional. Estas contra-normas vão, no entender de Mitroff, permitir complementar o sistema mertoniano e aferir as regras de conduta dos cientistas entre polos distintos e mais próximos da realidade.

O modelo proposto por Merton serviu propósitos de uma conceção herdada de ciência que valorizava a objetividade, o método científico, o racionalismo das decisões, a

autoridade do conhecimento científico, a isenção, a neutralidade e a imparcialidade da comunidade de cientistas. É um modelo que resultou dos interesses de uma concepção de ciência que, à época, prevalecia entre a comunidade científica, ainda que não isenta de críticas, como já vimos anteriormente. Com o advento de teses que valorizaram a ciência enquanto prática social e histórica houve uma aproximação de alguns membros da comunidade científica à disciplina da sociologia do conhecimento que emerge como alternativa às teses da filosofia da ciência (Echeverría, 2003).

Nos anos 70, do século XX, começaram a emergir vários movimentos de intervenção sociológica que tiveram a finalidade de estudar o empreendimento científico, com enfoques internos e externos do seu funcionamento. Em seguida, olhamos para três dessas tendências: o programa forte, o programa empírico do relativismo e o construtivismo social.

A – Programa Forte em Sociologia das Ciências (Strong Programme)

Com sede institucional na *Science Studies Unit*, da Universidade de Edimburgo, este grupo foi coordenado por David Bloor e Barry Barnes. O Programa Forte teve por finalidade resgatar o estudo da ciência de perspectivas exclusivamente filosóficas (Yearley, 2005). Este programa inseriu-se nas tendências de naturalização do conhecimento e da razão, surge em oposição à filosofia racionalista empirista e constituiu a origem académica dos estudos C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade). Um dos seus objetivos foi diminuir o fosso entre a cultura científico-tecnológica e a humanístico-literária (Cerezo, s/d).

Três das ideias fundamentais desenvolvidas por este grupo, segundo Echeverría (2003), são as seguintes:

(1) o conhecimento produz-se num contexto social, pelo que não há critérios de avaliação puramente lógicos ou racionais para avaliar o conhecimento científico, pois os conteúdos sofrem a influência das conveniências particulares dos cientistas. Esses interesses determinam o rumo da investigação e levam à competição entre instituições;

(2) o reconhecimento pelos pares e pela sociedade é o objetivo principal da atividade dos cientistas, pelo que esse é um fator que influencia mais as suas ações que a própria busca da ‘verdade’;

(3) instituições científicas que entram em competição entre si (por prémios, subsídios, financiamento, prestígio) defendem teorias opostas.

Segundo Giere (1989), ao defender-se que, para além dos julgamentos coletivos, os cientistas também decidem individualmente (p.e., acerca dos modelos científicos ou na identificação do sucesso de uma nova aplicação) há lugar à intromissão de valores não-científicos nas tomadas de decisão. Assim, a ciência não pode ser considerada racional, o que a equipara a outras atividades sociais, por não aparecer como uma agência fundamentalmente diferente das restantes. Estes interesses podem ser pessoais, profissionais, sociais ou políticos.

Hodson (2008) sintetiza de forma exemplar, a nosso ver, os condicionalismos e influências que determinam o percurso da ciência. A seguinte citação pode constituir um resumo das teses do Programa Forte em sociologia das ciências:

A ciência não é mais a busca desinteressada da verdade e da troca livre e aberta de informações retratadas no manual de ciências das escolas. Antes, é um empreendimento altamente competitivo, no qual os cientistas podem ser movidos pelos interesses pessoais e pela carreira, por incentivos financeiros atribuídos por empresas e comércio ou por 'imperativos políticos' de interesses militares. Uma interpretação cínica desse estado de coisas é que a ciência que "se faz" é do interesse dos ricos e poderosos, dos interesses pessoais dos cientistas, em particular, e das empresas que os empregam (p. 140).

B – O Programa Empírico do Relativismo (EPOR)

Este programa de investigação sociológica surgiu na sequência do Programa Forte, no final da década de 70 / início da década de 80, do século passado, na Universidade de Bath (Reino Unido), com orientação de Harry Collins e Trevor Pinch (Echeverría, 2003; Yearley, 2005). As suas teses partem do pressuposto de que a interpretação de resultados de uma investigação é flexível o que motiva o surgimento de controvérsias científicas. Esta é considerada uma das áreas de investigação preferidas dos sociólogos relativistas (Echeverría, 2003).

Segundo os seus autores, o EPOR foi desenvolvido em três etapas distintas (Yearley, 2005), com as seguintes finalidades: (1) revelar a inevitável abertura ou flexibilidade dos resultados científicos; (2) averiguar os processos sociais que são mobilizados para encerrar os debates acerca dos resultados e (3) investigar a relação entre estes processos e as forças sociais que ultrapassam a comunidade de cientistas. Segundo alguns investigadores (Yearley, 2005) a terceira etapa foi a menos desenvolvida no programa, por ter sido alvo de um menor enfoque.

A primeira etapa pretende estabelecer que as controvérsias científicas são comuns

atendendo à variedade de interpretações possíveis dos dados científicos, como os de natureza, obtidos a partir da realização de trabalho experimental. Para tal, Collins discutiu uma das controvérsias históricas mais conhecidas no meio científico – a disputa entre Pouchet e Pasteur sobre a geração espontânea / biogénese de seres vivos, ocorrida em França, no século XIX. Segundo Collins (Yearley, 2005), este caso ilustra a abertura ou a flexibilidade interpretativa que espolia a controvérsia científica cuja resolução se deveu, em parte, a um forte peso de fatores não epistémicos de carácter social, uma vez que os resultados experimentais de Pasteur, convicto defensor da biogénese, não eram suficientemente conclusivos (Cachapuz, Praia, Paixão, & Martins, 2000).

A controvérsia histórica anterior serve, também, os propósitos da etapa dois do programa. Efetivamente, a vitória de Pasteur nos meios académicos ficou a dever-se mais aos seus dons de retórica e ao seu crescente prestígio na academia francesa do que a provas conclusivas e irrefutáveis sobre a biogénese. Como refere Cerezo (s/d):

Para além do talento científico, é bem conhecido que Pasteur tinha um notável zelo e aptidão para a persuasão e polémica, para a autopublicidade e para obter vantagens institucionais. A sua ambição e a sua luta pelo interesse próprio não era uma exceção no seu tempo, nem no nosso, simplesmente foi mais hábil que os seus rivais (p. 21).

Ainda que a decisão por parte de uma comunidade de cientistas de dar por concluído o debate possa ter os seus efeitos, em termos formais, quanto ao encerrar da polémica, a controvérsia social pode manter-se em algumas situações. Segundo refere Yearley (2005), muitas das controvérsias terminam não porque haja uma declaração de incontestável apoio a uma das posições mas porque uma das partes decide terminar o debate ou encerrar o desacordo. Dos estudos referentes à segunda etapa, os sociólogos relativistas concluíram que os meios utilizados para encerrar os debates acerca das controvérsias não são estritamente científicos, como defendem as concepções tradicionais de ciência (Echeverría, 2003). Este autor menciona que “As controvérsias são encerradas recorrendo a recursos retóricos, expositivos e institucionais que pouco têm a ver com a contrastação empírica ou as experiências decisivas” (p. 274).

Em relação à terceira etapa do programa, os autores referem que podem existir fatores sociais, como a vinculação de investigadores a grupos com determinadas ideologias e interesses bem determinados (Echeverría, 2003), que constroem a tomada de decisões sobre questões controversas. Esses fatores sociais favorecem uma das interpretações veiculadas nos debates em torno de uma controvérsia científica o que pode

promover uma das posições manifestadas como a mais adequada num determinado contexto (Yearley, 2005).

Ainda que consideremos algumas das posições dos sociólogos deste grupo, demasiadamente extremadas ao desvalorizarem, quase em absoluto, a dimensão racionalista dos contextos de justificação e ao sobrevalorizarem os contextos de descoberta, concordamos com Echeverría (2003) quando afirma que “O ressurgimento dos estudos sobre retórica e controvérsias científicas mostra que (...) o EPOR apresentou propostas interessantes do ponto de vista dos estudos sobre ciência” (p. 275), uma vez que vieram complementar a visão internalista de ciência que tinha sido, até então, a mais sustentada pelos filósofos da épocas anteriores.

C – O Programa Construtivista

Surgido nos anos de 1980, o programa construtivista teve como membros fundadores Steve Woolgar e Bruno Latour. A partir de uma abordagem etnometodológica, os investigadores, envergando o papel de antropólogos da ciência, deslocaram-se para o local onde se ‘fabricam’ factos a partir de dados científicos – o laboratório (Latour, & Woolgar, 1997). Assim, “A contribuição principal deste grupo de autores são os seus estudos de campo nos laboratórios científicos, que são para eles a autêntica fábrica onde se constrói a ciência, através de debates internos e processos de consenso” (Echeverría, 2003, p. 276). O conselho de Einstein, afirmado durante uma conferência, de que se alguém quiser saber como trabalham os cientistas, não dê ouvidos às suas palavras mas fixem a atenção nos seus atos, citado por McComas, Clough e Almazroa (2000), parece encaixar nas perspetivas do programa construtivista.

Decorrente do processo de investigação que encetaram, Woolgar e Latour publicaram um livro – A vida de laboratório. A produção de factos científicos – em que, com recurso à narrativa, apresentam um relato circunstanciado da vida dos cientistas num laboratório científico. Através de métodos de observação participante, ao longo de dois anos de trabalho de campo, aqueles dois sociólogos elaboraram registos descritivos relativos ao contexto de descoberta, onde se engendra e configura o conhecimento científico (Echeverría, 2003). Em seguida, apresentam-se algumas das principais conclusões retiradas daquela obra e das interpretações feitas por Echeverría (2003) e Hodson (2008).

A atividade dos cientistas parte de um caos informacional e observacional. Este caos dá, posteriormente, lugar à ordem científica, que se consegue a partir da manipulação feita pelos cientistas, eliminando o 'ruído' (os dados não relevantes) incluído nas inscrições. Estas correspondem a diversos tipos de signos escritos que são utilizados pelos cientistas para a construção dos factos. Este caos é descrito, por Latour e Woolgar (1997) como surpreendente. Dizem eles a propósito do papel do observador participante:

Esse observador ideal arrisca-se a ficar firmemente abalado na sua fé na possibilidade de sistematizar e dar ordem às suas observações, porque será desarmado pelos usos e costumes da tribo em questão, entre a qual, ao que tudo indica reina a confusão, senão o mais total absurdo (p. 35).

Para criar a ordem, o grupo de investigadores, designados por tribo, tomam notas, produzem dados, desenham diagramas e figuras e constroem enunciados que contêm conceitos, ou seja, escrevem: "Desse modo, o nosso observador antropólogo vê-se confrontado com uma estranha tribo que passa a maior parte do seu tempo codificando, marcando, lendo e escrevendo" (Latour, & Woolgar, 1997, p. 42). Em síntese, a atividade construtiva do cientista é a prática escrita. A aculturação na comunidade científica deve implicar, portanto, a aprendizagem de técnicas literárias para persuadir, interessar e influenciar ou outros (Hodson, 2008).

Para além da prática escrita, a atividade dos cientistas no laboratório é considerada agonística, no sentido em que eles discutem entre si, estabelecem e rompem alianças, tentam apresentar provas para os seus argumentos e debatem a validade dessas provas:

O observador experimenta um sentimento de alívio: afinal, a vida do laboratório não é tão absurda quanto lhe parecera à primeira vista. Tudo chega mesmo a indicar que as capacidades de inscrição dos aparelhos, a maneira de marcar, de codificar e de fichar assemelham-se muito às qualidades exigidas das pessoas que exercem uma profissão literária: saber escrever, persuadir e discutir (Latour, & Woolgar, 1997, p. 45).

Os elementos materiais e técnicos desempenham uma função fundamental no registo das inscrições, pelo que são essenciais na produção de factos, tal como as componentes intelectuais: "Na verdade, os fenómenos dependem do material, eles são totalmente constituídos pelos instrumentos utilizados no laboratório. Construiu-se, com a ajuda dos inscrites, uma realidade artificial, da qual os atores falam como se fosse uma entidade objetiva" (Latour, & Woolgar, 1997, p. 61). Porém, os autores referem que, durante a escrita dos artigos, os investigadores se esquecem que a sua produção dependeu de

fatores materiais pelo que “A bancada é relegada para segundo plano, chega-se a negligenciar a existência de laboratórios. Esta é a hora das «ideias», das «teorias» e das «razões»” (Latour, & Woolgar, 1997, p. 67).

Por fim, queremos destacar a importância que os sociólogos do programa construtivista atribuem à arte da persuasão, tal como já o haviam referido os relativistas. Segundo eles,

Esta última capacidade serve para que os investigadores convençam os outros da importância do que fazem, da verdade do que dizem e do interesse que existe no financiamento dos seus projetos (...) São tão convincentes que, no contexto do seu laboratório, é possível esquecer a dimensão material do laboratório, das bancadas e a influência do passado, para consagrar-se exclusivamente aos ‘factos’ postos em evidência” (Latour, & Woolgar, 1997, p. 68).

Para o processo de persuasão contribui, também, a credibilidade do facto construído. Contudo, também não se pode esquecer a credibilidade de quem propõe esse facto. Assim, a plausibilidade do conhecimento construído “é fortemente influenciada por quem o propõe, do local onde o trabalho foi realizado e como foi alcançado” (Hodson, 2008, p. 126). O contexto de investigação parece ser assim tão relevante para o processo persuasivo quanto o conteúdo substantivo das propostas apresentadas pelo cientista.

No final da apresentação de alguns programas de investigação no domínio da sociologia da ciência, parece-nos ser de considerar que a ciência deve ser considerada como uma prática eminentemente de natureza social. É uma prática que está fortemente condicionada pelos consensos sociais entre os cientistas, no processo de legitimação da validade do conhecimento. Como refere Hodson (2008), “A comunidade de cientistas determina o que vale como prática científica aceitável e exerce um controlo estrito sobre o que é admitido no *corpus* de conhecimento aceite através do seu sistema de revisão por pares” (p. 202). O que os sociólogos da ciência acrescentam às práticas científicas é a natureza social que decorre do facto de o conhecimento ser produzido por humanos, que estabelecem relações entre si e que são determinantes no produto final aceite pela comunidade. É neste quadro de prática social e epistémica que a argumentação desempenha um papel essencial em ciência, como adiante discutimos.

2.1.4 Concepções de professores sobre ciência

Como constatámos anteriormente, as concepções de ciência não são consensuais e

têm revelado um carácter dinâmico no interior da própria comunidade de investigadores das disciplinas científicas e metacientíficas (história, filosofia e sociologia da ciência). Sendo o ensino das ciências uma das formas de veicular o património cultural científico construído ao longo de milhares de anos, é importante conhecer que concepções e compreensão possuem os professores acerca do empreendimento científico, pois as suas práticas poderão ser influenciadas por elas (Lederman, 2007; McComas, Clough, & Almazroa, 2000; Shah, 2009).

A natureza da ciência, enquanto área de metaconhecimento multidisciplinar (Vázquez-Alonso, Manassero-Mas, Acevedo-Díaz, & Acevedo-Romero, 2008), tem sido um dos territórios de investigação alvo de atenção por parte de cientistas e educadores em ciência, ao longo das últimas décadas (Lederman, 2007; McComas, 2000). De acordo com McComas, Clough e Almazroa (2000), a natureza da ciência é uma área do conhecimento híbrida para a qual confluem diversos campos do saber das ciências sociais e humanas, com destaque para as disciplinas metacientíficas focadas, para além da psicologia, e que tem por finalidade obter respostas para questões como ‘o que é a ciência?’, ‘como funciona?’, ‘como atuam os cientistas, enquanto grupo social?’ e ‘como é que a sociedade reage e direciona o empreendimento científico?’, procurando identificar critérios de cientificidade. As respostas a estas questões são complexas e muitas vezes estão longe de serem unânimes. Há muitas divergências no campo da epistemologia da ciência, como vimos, ainda que também haja...

um grau relativamente alto de concordância sobre alguns aspetos de uma visão adequada sobre a natureza da ciência. Isso não significa dizer que exista uma visão sobre a natureza da ciência única ou mesmo um consenso a respeito de alguma imagem ‘correta’ da atividade científica. (...) Trata-se de assumir que é possível derivar alguns pontos de concordância entre teorias sobre as ciências que discordam em muitos outros pontos, de modo a que possamos ter uma noção mais clara sobre o que constituiria uma visão aceitável da prática científica (El-Hani, 2006, p. 6).

Num nível mais geral, Lederman (2007) refere algumas das características da natureza da ciência, sobre as quais considera existirem poucos desacordos, como sejam: (1) o conhecimento científico é provisório, isto é, sujeito a mudanças, (2) é de base empírica, uma vez que se fundamenta em observações do mundo natural, (3) subjetivo, no sentido em que é orientado por concepções teóricas prévias, pelo que as observações não são neutras; (4) envolve obrigatoriamente a realização de inferências e apela à imaginação e criatividade dos cientistas na sua produção, no momento de elaborar explicações; (5) e é

uma construção sociocultural, uma vez que depende dos contextos sociais, históricos e culturais da época em que é produzido.

Também McComas, Clough e Almazroa (2000) apresentam um conjunto de características da ciência como sendo pouco discutíveis, de que destacamos (a) a importância da observação, das evidências experimentais, dos argumentos racionais e de uma atitude cética no processo de construção do conhecimento científico; (b) a existência de um pluralismo metodológico, afastando a ideia de um método científico único, fixo e algorítmico, que se deve cumprir, passo a passo, de forma rígida, para encontrar a verdade; (c) o papel diferencial das leis e das teorias na ciência; (d) a multiculturalidade como característica da comunidade científica; (e) a crítica constante das evidências, teorias e argumentos se constituir como forma de progresso do conhecimento científico, bem como a essencialidade de replicação de estudos; (f) a ciência ser construída num determinado meio social e cultural, influenciando-o e sendo influenciado por ele.

Apesar da consensualidade em níveis diversificados em torno daquelas ou outras características (Acevedo-Díaz, Vázquez-Alonso, Manassero-Mas, & Acevedo-Romero, 2007; Marín, Benarroch, & Niaz, 2013; McComas, Clough & Almazroa, 2000; Vázquez-Alonso et al., 2008), investigações efetuadas, ao longo de várias décadas, têm contribuído para afirmar que os professores de ciências possuem concepções acerca da natureza da ciência (e da tecnologia) que se afastam da forma como são construídos e produzidos os conhecimentos (Fernández et al., 2005; García-Carmona, Vázquez, & Manassero, 2011; Lederman, & Abd-El-Khalick, 2000; McComas, Clough, & Almazroa, 2000).

Um dos primeiros estudos que incluía uma vertente acerca das ideias de ciência de professores foi publicado em 1950, na revista *Science Education*, com o título *The teachers of science in a representative sampling of Minnesota schools*. Neste artigo, o seu autor – Kenneth Anderson – conclui que os professores de Biologia e de Química, que constituem a amostra, possuem concepções erróneas graves acerca da ciência (Lederman, 2007). Após este estudo, muitos outros se lhe seguiram, com algumas conclusões a apontarem o défice de conhecimentos dos professores nas áreas da história e filosofia da ciência, como uma das razões para a construção de uma epistemologia espontânea (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz, & Praia, 2002), próxima da do senso comum (Lederman, 2007). Essa mesma visão de ciência, intitulada de ‘ingénua’ (Fernández et al., 2005; Vázquez, Acevedo, & Manassero, 2005), devido à falta de reflexão crítica e por corresponder à imagem

socialmente aceite, de orientação empiro-positivista (Bonito, 2008) pode também constituir um entrave à implementação de um ensino renovado, que poderia proporcionar uma melhor qualidade das aprendizagens científicas dos alunos. A visão ‘ingénua’ ou ‘popular’ está, habitualmente, associada a características de ciência, próximas das da conceção herdada (Cachapuz, Gil-Perez, Carvalho, Praia, & Vilches, 2005; Fernández et al., 2002; Fernández, Gil-Pérez, Valdés, & Vilches, 2005; Gil-Pérez, Fernández, Carrascosa, Cachapuz, & Praia, 2001; Settlage, & Southerland, 2007), que são, também designadas por mitos da ciência (McComas, 2000; Hodson, 2008): (1) uma conceção descontextualizada e socialmente neutra da ciência, que ignora os impactes sociais, tecnológicos e ambientais da ciência, bem como as relações que a sociedade e a tecnologia estabelecem com a ciência; (2) uma conceção individualista e elitista, desvalorizando (ou até, ignorando) a ciência, enquanto empreendimento coletivo e cooperativo, tendendo a atribuir as descobertas científicas a cientistas isolados e concebendo o trabalho científico como estando reservado a génios ou minorias particularmente dotadas de um elevado desenvolvimento cognitivo; (3) uma conceção empiro-positivista e ateorica, defendendo a neutralidade do observador e ignorando o papel das teorias e das hipóteses como orientadoras das observações e da experimentação; (4) uma visão rígida, algorítmica e infalível, apresentando o método científico como um conjunto de passos a seguir de forma mecânica, desprezando o papel da criatividade e da dúvida; (5) uma visão aproblemática e ahistórica, em que se ignoram os problemas que estiveram na origem dos conhecimentos e sem se abordar, muitas vezes, a perspetiva histórica que conduziu ao conhecimento atual; (6) uma visão exclusivamente analítica, em que se destaca a parcelização inicial dos estudos, sem que, no entanto, se proporcione, posteriormente, uma visão mais abrangente e holística do conhecimento e (7) uma visão acumulativa, de crescimento linear, dos conhecimentos científicos, em que se ignoram os períodos de revolução científica como se, em toda a história da ciência, os cientistas tivessem sempre trabalhado segundo um mesmo paradigma. Estas perspetivas deformadas acerca da natureza da ciência constituem um todo coerente, apoiando-se mutuamente na construção da ideia de ciência enquanto empreendimento de natureza empiro-positivista. Diversas destas conceções, também designadas de visões alternativas (Sampson, & Clark, 2006) são perpetuadas pelas metodologias de ensino, implementadas pelos professores. Como referem Fernández e colaboradores (2002),

dado que a educação científica – incluindo a universitária – se reduziu basicamente à apresentação de conhecimentos já elaborados, sem dar oportunidade aos alunos de se aproximarem das atividades características da atividade científica, é esperado que essa imagem popular de ciência, em que abundam os tópicos deformantes (como a imagem dos cientistas associada a “sábios distraídos” que trabalham solitários e isolados do mundo), persista inclusivamente entre os professores, influenciando negativamente o nosso ensino (p. 478).

Estudos recentes (Bonito, 2008), realizados em Portugal, têm revelado que os professores não apresentam uma perspetiva única acerca da imagem da ciência. De acordo com a investigação realizada por aquele autor, que envolveu 665 professores das regiões algarvia e alentejana, coexistem no mesmo indivíduo concepções epistemológicas de ordem diversa:

Apesar de em determinados momentos, os professores parecerem assumir, claramente posições no interior de um realismo ou de um relativismo epistemológico, em outras ocasiões, optam por defender concepções baseadas na crença de que a observação da realidade permite obter, por indução, o conhecimento verdadeiro (Bonito, 2008, p. 1788).

O autor conclui referindo que os resultados se podem constituir como uma tendência de mudança nas concepções dos professores acerca das imagens de ciência, o que pode ser facilitador do desenvolvimento de uma epistemologia construtivista ou de uma visão consistente da empresa científica (Sampson, & Clark, 2006).

Contudo, se queremos que os professores se tornem agentes epistemologicamente reflexivos, críticos e conscientes, torna-se fundamental que lhes sejam dadas oportunidades de atualizar os seus conhecimentos na área da natureza da ciência, através de processos explícitos de formação reflexiva sobre esta área metacientífica do conhecimento (Abd-El-Khalick, 2012) ou envolvendo-os em contextos reais de investigação e de reflexão sobre o trabalho realizado (García-Carmona, Vázquez, & Manassero, 2011). Só assim, se tornará viável a implementação de metodologias e estratégias de ensino que sejam coerentes com as atuais perspetivas acerca da construção do conhecimento científico, valorizando não apenas o contexto de justificação da ciência, mas também os conhecimentos epistemológicos (Fernández et al., 2005) e os processos associados ao contexto de descoberta. Consideramos, ainda, que a formação reflexiva sobre o papel da argumentação na construção da ciência pode contribuir para o desenvolvimento pessoal e profissional dos docentes naquela área do saber (Erduran, & Yan, 2010).

2.2 Argumentação

A argumentação tem um papel crucial na construção do conhecimento, sendo uma das práticas que caracterizam a ciência. Efetivamente, “na construção do conhecimento científico é importante o processo de negociação que tem lugar entre os membros da própria comunidade quando se comunicam modelos e teorias, com a finalidade de validar representações sobre o mundo” (Sardá, & Sanmarti, 2000, p. 406). Assim, parece que seria desejável que a argumentação tivesse um papel fundamental no ensino das ciências, para aproximar os alunos das práticas da comunidade científica e para permitir desenvolver nestes uma concepção mais humanista do empreendimento científico (Aikenhead, 2009; Driver, Newton, & Osborne, 2000). A ciência deve ser apropriada como uma construção social, em que as teorias, as leis e os modelos são fruto de atividade e construção humanas e não são “entidades” diretamente percebidas ou captadas a partir da natureza, mas exigindo processos de discussão e negociação, em que a argumentação, a retórica e a persuasão desempenham papéis fulcrais.

2.2.1 Apontamento histórico sobre argumentação e retórica

Desde quando praticam os humanos a argumentação? Esta é uma das questões formuladas por Breton (1998), no seu livro ‘A argumentação na comunicação’, à qual o autor responde, afirmando que a argumentação nasce com a comunicação, com a partilha de crenças, valores e opiniões. Assim, a resposta mais óbvia para Breton (1998), é “desde sempre, na medida em que o Homem se identifica, ao contrário do animal, com uma palavra, com um ponto de vista próprio sobre o mundo em que vive” (p. 21). Ainda assim, o autor admite que os estudos estruturados sobre argumentação são recentes, na história da humanidade.

A importância social e educacional da argumentação tem sofrido flutuações ao longo do tempo. A isso, não serão alheios fatores sociológicos e políticos. Tal como referem Breton e Gauthier (2001), os sistemas totalitários são avessos à argumentação, por assumirem uma perspetiva de poder absoluto, avessa à crítica. A valorização da argumentação constituir-se-ia como um contrassenso num sistema político daquela natureza, ao não reconhecerem e legitimarem a capacidade dos cidadãos tomarem decisões, em assuntos de interesse social ou de outra índole. Assim, aqueles autores

referem que “é numa sociedade laica, democrática e pacífica, mas também numa sociedade desconfiada, que são maiores as probabilidades de se assistir ao desenvolvimento de um grande interesse pela argumentação” (p.13).

No mundo ocidental, as primeiras teorias de argumentação surgiram no âmbito da civilização grega, por volta de 450-440 a.C., na Sicília grega. Nesta fase, a argumentação surge ligada aos processos de retórica (*techné rhétoriké*), enquanto ‘arte de convencer’ (Breton, 1998; Breton, & Gauthier, 2001). A Ágora, enquanto espaço social da Pólis, era o local de ação da democracia, onde decorriam discussões políticas ou onde se apresentavam os júris populares dos tribunais, que estavam sujeitos à ação persuasiva dos respetivos oradores (queixoso e acusados), assumindo a ‘palavra’ um lugar central enquanto instrumento de poder.

Segundo Breton e Gauthier (2001), existem quatro grandes períodos de desenvolvimento das teorias de argumentação: um período fundador, com início em meados do século V a.C. até meados do século IV a.C., correspondente aos primeiros manuais de retórica, contemporâneo do ensino dos sofistas e do reforço da democracia grega; um período de maturidade, correspondente ao apogeu aristotélico, nomeadamente devido à publicação da sua obra “Retórica”, que contribuirá para a sistematização, codificação e vulgarização das normas do discurso persuasivo; um período de declínio, que se estende desde o final do Império Romano até meados do século XX, em que a dimensão argumentativa se demarca da retórica, estando a primeira mais relacionada com processos racionais de demonstração, aliados à valorização da evidência científica; e um período da renovação que surge com as teorias de argumentação de Chaim Perelman e Olbrechts-Tyteca e de Stephen Toulmin, no final da década de 50, do século XX e que se prolonga até à atualidade.

A retórica foi sendo apropriada por diferentes grupos de intelectuais, na Grécia antiga: inicialmente foi ‘inventada’ por Corax, considerado um dos primeiros professores de retórica, tendo ele publicado uma obra, na qual propunha um conjunto de técnicas, nomeadamente referentes à organização do discurso, que aumentavam a eficácia da argumentação, em contextos jurídicos. Segundo Corax, um discurso deveria conter quatro partes, de forma a tornar-se convincente: exórdio, que tinha como função captar a atenção do auditório; a apresentação dos factos, na qual o orador deveria expor a sua tese; a discussão, em que se deveriam fornecer argumentos que apoiassem a tese e, a

peroração, fase final do discurso, em que se deveria efetuar uma síntese dos diferentes aspetos constituintes das fases anteriores do discurso (Breton, & Gauthier, 2001). Estas fases, “Ainda hoje são, *grosso modo*, uma norma do discurso oral ou do texto escrito que visam defender uma opinião” (idem, 2001, p. 23, *itálico no original*).

Os sofistas eram um grupo de mestres que percorriam cidades e que realizavam discursos públicos, centrados em estratégias de argumentação. Um dos aspetos que ensinavam aos seus ouvintes era o poder do contra-argumento, sendo o seu método conhecido como a antilogia ou controvérsia. Desta forma, é-lhes reconhecido o papel relevante que tiveram ao implementar técnicas que permitiam o desenvolvimento do espírito crítico, para além da importância que atribuíram à linguagem nos processos argumentativos, enquanto instrumento de poder persuasivo.

Aristóteles (384 a.C – 322 a.C.) traz uma nova conceção de retórica, destacando-se de todas as anteriores. Com o seu mestre Platão (428/427 a.C. – 348/347 a.C.), a retórica tinha-se aliado à moral e à procura da verdade. Posteriormente, Aristóteles vem separar a retórica da moral (e, da verdade), concebendo-a como um instrumento que pode ser colocado ao serviço do bem ou do mal, do justo ou do injusto. Pelo contrário, a argumentação aponta para uma ‘retórica do raciocínio’, isto é, está relacionada com o que depende da evidência ou da demonstração científica. Assim, a retórica, enquanto produto da dialética, ‘instrumento do conhecimento provável’ e, desta forma, não dependente da demonstração científica, não se relaciona com a procura da verdade. Para Aristóteles, a retórica situa-se próxima da dialética, uma vez que trata assuntos comuns, que não dependem da ‘ciência’, referindo-se aquela como ‘instrumento do conhecimento provável’. Diferencia-se da retórica, pois esta tem por finalidade convencer, não produzindo conhecimentos como a dialética.

Com o Império Romano, os recursos estilísticos da linguagem que contribuíam para ornamentar os discursos, adquiriram uma grande importância, passando a existir uma ‘fusão’ da retórica com a poética (Barthes, 1970), relegando-se a dimensão argumentativa para segundo plano, e sobrevalorizando-se a estética discursiva (Breton, & Gauthier, 2001).

Na Idade Média, o conhecimento é organizado em dois ramos: o trívio (gramática, retórica e lógica) e o quadrívio (música, aritmética, geometria e astronomia). O primeiro, onde inicialmente a retórica ganha lugar de destaque, surge por oposição às ‘ciências exatas’ (Breton, & Gauthier, 2001). No entanto, a lógica, em particular, a lógica formal, vai-

se impondo, substituindo o interesse que antes se dedicava ao estudo das técnicas oratórias, associadas ao campo da retórica. Mais tarde, durante o Renascimento, e com a redescoberta da retórica de Aristóteles, a argumentação reemerge como dimensão de interesse.

A retórica constituiu-se como uma metalinguagem que perdurou no Ocidente desde o século V a.C até ao séc. XIX, ainda que a sua importância tenha variado, durante este longo período de tempo. Os conteúdos de ensino passaram a centrar-se mais na retórica do que nas teorias argumentativas, apesar da prevalência daquela ter sido quebrada com Descartes (1596 – 1650), ao publicar a sua obra ‘Discurso do Método’, na qual propõe um processo metódico para conduzir o pensamento humano na procura da verdade (ainda que se possa considerar que este texto apresenta uma componente retórica na exposição dos seus argumentos). Assim, a argumentação passou a ser substituída pela demonstração racional, característica do método cartesiano, que valoriza o papel da evidência na sustentação do raciocínio hipotético-dedutivo.

No século XIX, emerge uma indiferença crescente pela retórica, que arrastou consigo o interesse pelas teorias de argumentação, correspondendo ao culminar do seu declínio (Breton, 1998). A retórica foi, também, nesta altura, eliminada dos programas escolares e universitários, sendo que “Nem no liceu, nem na universidade voltará a haver um ensino que vise a teoria da argumentação, e muito menos a sua prática. As aulas de retórica desaparecem da organização escolar em França, a partir de 1902, ao mesmo tempo que os programas são expurgados de quaisquer referências à retórica” (Breton, & Gauthier, 2001, p. 48). Segundo Barthes (1970), este declínio deve-se à emergência de um valor novo – “a evidência (dos factos, das ideias e dos sentimentos) que se basta a si mesma e passa sem a linguagem (ou crê poder passar), ou pelo menos finge já se servir dela apenas como de um *instrumento*, de uma mediação, de uma expressão” (p. 192, *itálico no original*). Assim, durante o século XIX e parte significativa do século XX, o culto da evidência fomentado pelo cientismo e positivismo devota ao descrédito a ‘cultura da argumentação’, que se preocupava meramente com a estética do discurso (Breton, 1998).

Após a II Grande Guerra, o contexto ideológico sofre transformações. Nesta sequência, “A emergência dos estudos de argumentação podem ser interpretados como reflexo da crescente atenção dada à racionalidade do discurso” (Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008, p.13). Outros fatores de natureza política influenciaram, também, o

renascer do interesse social pela argumentação com a perspectiva “da construção de um discurso racional democrático, rejeitando o totalitarismo nazi ou os discursos estalinistas” (Plantín, 2005, p.15, citado em Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008).

Assim, já no final da década de 1950, assiste-se à publicação de duas obras: *The uses of argument*, de Stephen Toulmin e *Traité de l’argumentation: la nouvelle rhétorique*, de Chaim Perelman e Lucie Olbrechts-Tyteca. Segundo Breton (1998), é no início dos anos 60, do século XX, que “se começa a tomar consciência da importância e do poder das técnicas de influência e de persuasão aperfeiçoadas ao longo do século” (p. 17). Este renascer do interesse pelas teorias da argumentação procura a legitimação de um campo do conhecimento que tinha sido votado ao descrédito pela sua associação à retórica, concebida como arte de bem falar mas, simultaneamente, relacionada com discursos vazios de conteúdo e com intenção, claramente, manipulativa de opiniões e afastada do racionalismo demonstrativo e científico.

Na década de 70, do século XX, Hambling publica a obra *Fallacies*, onde apresenta, desde Aristóteles, a primeira história sistemática e crítica da noção de argumento falacioso (Plantín, 2010). Nela se propõe, ainda, “retomar o estudo da argumentação como um estudo dialético, tendo por objeto os diálogos realizados de acordo com um sistema de regras preestabelecidas, explícitas, respeitadas e suscetíveis de um estudo formal” (idem, p. 12). Contudo, a perspectiva formal sugerida está ligada à análise de aspetos discursivos do quotidiano (lógica informal ou não formal) e não a raciocínios demonstrativos, como se vinha defendendo desde a implantação de concepções positivistas de ciência. Na atualidade, os estudos de argumentação, enquadram-se nesta perspectiva de lógica informal no âmbito da pragmática, enquanto “disciplina que estuda os usos dos enunciados tendo em conta o seu contexto” (Plantín, 2010, p. 13).

2.2.2 Correntes epistemológicas sobre argumentação

Segundo Breton e Gauthier (2001), as teorias de argumentação debruçam-se sobre um objeto comum: o processo de convencimento de um interlocutor ou de um auditório, através do fornecimento de razões ou argumentos. Contudo, essas teorias apresentam algumas divergências entre si, nomeadamente, na definição de argumento, sua relação com a retórica e com a lógica e na sua incidência ética. Em relação à primeira das divergências, os autores afirmam não existir uma definição unânime de argumento, pelo

que o próprio objeto de estudo das teorias de argumentação é “bastante vago, o que faz com que elas apresentem uma imagem muito dispersa” (Breton, & Gautjier, 2001, p. 14). No que diz respeito à relação da argumentação com a retórica, os mesmos autores referem que, em alguns casos, se tomam como sinónimos enquanto noutros o conceito de retórica foi eliminado para não se reduzir a argumentação a técnicas de expressão. Ainda noutras teorias, os conceitos coabitam com uma relação variável. A relação da argumentação com a lógica, formal ou informal, é defendida por Breton e Gauthier (2001), ao afirmarem que “a argumentação é um objeto teórico cuja caracterização se faz sempre por referência à racionalidade” (p. 15), ainda que essa racionalidade se possa operacionalizar de diferentes formas: demonstração, raciocínio não formal ou raciocínio formal. Em termos éticos, numas teorias o argumento é considerado necessariamente uma boa razão para convencer, mas sem a pretensão de manipular, noutras é definido de maneira axiologicamente neutra, não se prevendo uma exclusão mútua entre argumentação e manipulação.

Nas próximas subsecções, abordamos os principais elementos definidores de algumas teorias de argumentação que têm fundamentado estudos no contexto da educação em ciência. Iniciamos essa abordagem com a teoria de Stephen Toulmin, à qual damos maior destaque, por se tratar do enquadramento conceptual habitualmente utilizado pelos investigadores para estudar a argumentação científica, em contextos educativos (Erduran, & Jiménez-Aleixandre, 2012). Segue-se-lhe a teoria de Chaim Perelman e Lucie Olbrechts-Tyteca, com a proposta de uma nova retórica, em relação à qual referimos conceitos considerados estruturantes. Por fim, apresentamos breves apontamentos acerca de teorias de argumentação contemporâneas, elaboradas por Douglas Walton e Frans van Eemeren e seus colaboradores.

2.2.2.1 Toulmin e os usos do argumento

Stephen Toulmin (1922-2009) foi um filósofo, historiador e retórico (Chamizo, 2007), de nacionalidade britânica, que dedicou parte da sua vida ao estudo do raciocínio moral. A sua obra mais conhecida é *The uses of argument*, publicada em 1958, na qual apresentou um padrão de análise de um argumento. Este autor concebe a argumentação numa perspetiva mais pragmática, afastada da lógica formal, enquanto ciência que se alheia das questões práticas. Segundo Toulmin (2006), a “questão central para nós, será

saber até que ponto a lógica *pode* esperar ser uma ciência formal e, ainda assim, conservar a possibilidade de ser aplicada na avaliação crítica de argumentos que efetivamente usamos ou que podem ser usados por nós” (p.3, *itálico no original*). A lógica procura descobrir leis do argumento, no sentido de se chegar a uma conclusão sólida e correta, e não leis do pensamento. Como refere Osborne (2012), a grande conquista de Toulmin foi resgatar a “argumentação do contexto reificado da academia e mostrar que se trata de uma atividade diária e não um exclusivo dos lógicos e filósofos” (p. 935).

Convém lembrar que o livro *The uses of argument* foi publicado numa época em que o positivismo lógico iniciava a sua descridibilização que se viria a aprofundar, de forma mais fulgurante, após o lançamento da obra de Kuhn, em 1962 – *A estrutura das revoluções científicas*. As teses de Toulmin foram, ainda assim, recebidas com fortes críticas por parte dos académicos, particularmente dos filósofos ingleses (Chamizo, 2007), uma vez que foi “o único, ou pelo menos, o primeiro a opor-se explicitamente ao positivismo e ao seu avatar logicista, desenvolvendo uma teoria da argumentação” (Breton, & Gauthier, 2001, p. 74).

As teses de Toulmin fizeram emergir a crítica em torno das posições epistemológicas que defendiam o modelo matemático e a lógica analítica como ideal que a razão deveria perseguir na axiomatização de proposições ou enunciados. Como refere o filósofo, “Os lógicos consideravam os argumentos analíticos como paradigmas, desenvolveram o seu sistema de lógica formal inteiramente sobre essa fundação e sentiram-se livres para aplicar a argumentos de outros campos as categorias assim construídas” (Toulmin, 2006, p. 238). Daqui se infere que Toulmin critica o despotismo da lógica formal silogística, apanágio de uma racionalidade demonstrativa, defendendo, antes, uma validade argumentativa processual e não formal, introduzindo a razoabilidade como um dos fatores essenciais na determinação da validade de um argumento (Chamizo, 2007).

As teses toulminianas vieram em defesa da aplicação da lógica informal, mais adaptada à análise de raciocínios e da linguagem do quotidiano (Rigotti, & Morasso, 2009; Sampson, & Clark, 2006b), opondo-se à ideia de que os argumentos deveriam assumir obrigatoriamente a forma ‘das premissas às conclusões’ (Jiménez-Aleixandre, Bugallo, & Duschl, 2000; Sasseron, & Carvalho, 2011b; Toulmin, 2006). É neste pressuposto que Toulmin constrói uma estrutura ou padrão do um argumento, fundamentado na ideia de

que um argumento consiste na justificação de uma afirmação ou conjunto de afirmações, com base em dados. Assim, o seu enquadramento teórico centra-se nos componentes ou elementos que constituem um argumento (Erduran, & Jiménez-Aleixandre, 2012; Toulmin, 2006). Para construir o modelo, comumente conhecido como Padrão de Argumento de Toulmin (PAT), o filósofo analisou argumentos oriundos de vários contextos, incluindo argumentos jurídicos e científicos (Driver, Newton, & Osborne, 2000). A partir dessa análise construiu o PAT, do qual constam seis elementos relacionados estrutural e funcionalmente (Figura 1). De acordo com autores como Osborne (2012), o desenvolvimento do PAT foi um dos maiores contributos de Toulmin, no domínio da argumentação, pois permitiu aceder a um vocabulário metalinguístico que permite descrever as características e os elementos de um argumento.

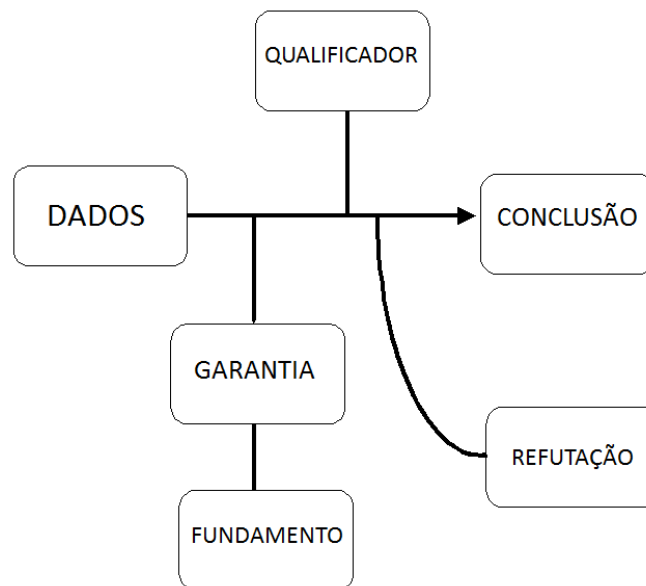


Figura 1 – Padrão de Argumento de Toulmin (PAT) (Adaptado de Toulmin, 2006)

Cada um dos diferentes elementos do PAT pode ser caracterizado da seguinte forma:

- Conclusão (*claim*) – Na sua obra, Toulmin considerava que a conclusão poderia corresponder a uma alegação ou asserção, tendo em conta que o modelo jurisprudencial foi aquele em que o autor se inspirou para redigir a sua obra (Toulmin, 2006). Na área das ciências físicas e naturais, a conclusão corresponde ao enunciado de conhecimento que se pretende apoiar ou refutar, podendo existir, segundo Jiménez-Aleixandre (2010, 2011), um tipo de conclusões especialmente relevante: as explicações causais. As hipóteses, enquanto ideias explicativas sobre possíveis causas de um fenómeno, correspondem a um outro tipo

de enunciado que se pretende comprovar ou refutar, com base em provas disponíveis. No contexto das ciências, nem sempre os enunciados correspondem a explicações causais ou hipóteses. Um dos tipos de enunciados, que mais suscitam a discussão argumentativa, relaciona-se com questões sociocientíficas. Neste caso, no processo de argumentação estão envolvidos conhecimentos científicos, para além de saberes de outros domínios: éticos, económicos, sociais, valores (Jiménez-Aleixandre, 2010, 2011; Reis, 2008; Sadler, 2011; Simmoneaux, 2008);

- Dados (*data*) – Toulmin refere que os dados correspondem aos factos a que se recorre para fundamentar uma alegação, podendo-se apresentar regras, princípios ou o que se quiser, desde que permitam apoiar a conclusão. A partir dos dados deve-se poder passar à conclusão, sob a forma de “Se D, então C”. No contexto científico, os dados são identificados como provas ou evidências que sustentam determinada conclusão, sejam elas um conjunto de observações, de factos ou experiências. Há quem distinga entre provas e dados (Jiménez-Aleixandre, 2010, 2011), atribuindo ao primeiro um contexto de avaliação de enunciados com recurso a resultados empíricos e, ao segundo, a informações que permitindo apoiar uma conclusão, podem ter natureza qualitativa ou quantitativa (p.e., dados teóricos, regras, princípios, magnitudes, quantidades, relações,...). Contudo, Jiménez-Aleixandre (2010) esclarece que, num sentido mais comum, “Falamos de prova para referirmos aquilo a que apelamos com o fim de mostrar que um determinado enunciado é verdadeiro ou falso. O que faz com que nos refiramos a ele como prova é a sua função ou papel na avaliação” (p. 74). Daqui podemos inferir que há dados que podem assumir o papel de prova, no contexto de apoio ou refutação de um enunciado, mas nem sempre todos os dados disponíveis desempenharão o papel de prova numa mesma circunstância;

- Garantia (*warrant*) – A garantia corresponde ao enunciado que relaciona as conclusões com os dados. A sua principal função, num argumento, é legitimar a passagem dos dados à conclusão, podendo desempenhar um papel incidental e explanatório. Para Toulmin (2006), pode existir uma certa confusão entre o papel dos dados e da garantia. Porém, “recorre-se a dados de modo explícito; e a garantias de modo implícito. Além disso, pode-se observar que as garantias são gerais” (Toulmin, 2006, p. 143). Efetivamente, por vezes a confirmação de uma conclusão por dados, pode parecer tão óbvia, por ser partilhada pelos vários interlocutores no processo argumentativo, que se torna irrelevante

expressar a garantia da relação estabelecida. Segundo Toulmin (2006), com a garantia, procura-se responder à questão – como chegámos aqui?;

- Fundamento (*backing*) – Relativamente ao fundamento, Toulmin (2006) afirma que, por vezes, a garantia necessita de outros avais, sem os quais não teria autoridade suficiente para sustentar a relação entre os dados e a conclusão. Daí que o fundamento corresponda ao “recurso a conhecimentos teóricos ou empíricos, a modelos, leis ou teorias que apoiam a garantia” (Jiménez-Aleixandre, 2010, p. 77). Esta autora refere, ainda, que apesar da designação de apoio, que Toulmin atribuiu a este elemento, no contexto da argumentação em ciência é preferível a designação ‘conhecimento básico’ para indicar a sua relação com os conceitos e os modelos científicos;

- Qualificador modal (*qualifiers*) – Se o fundamento confere força ou autoridade à garantia, o qualificador modal revela-se como elemento indicador do grau de certeza ou incerteza do argumento. Segundo Toulmin (2006), este elemento do PAT permite qualificar uma conclusão através do uso de advérbios como ‘necessariamente’ quando assegura a veracidade da conclusão ou ‘provavelmente’ / ‘presumivelmente’, se existem condições de exceção à conclusão sustentada pelos dados e garantia apresentados;

- Condições de refutação (*rebuttal*) – Este elemento dá informações sobre as situações em que o argumento não pode ser considerado válido. Assim, corresponde “às circunstâncias excepcionais que, em casos específicos, podem refutar as suposições criadas pela garantia” (Toulmin, 2006, p.153). Trata-se de perceber quais as restrições ou exceções ao estabelecimento de uma dada conclusão, a partir de dados disponíveis. Nos debates, em que são apresentados pontos de vista opostos sobre um determinado assunto, consideram-se condições de refutação as que questionam ou criticam as provas do enunciado oposto (Jiménez-Aleixandre, 2010; Simon, 2008).

O PAT tem sido usado como ferramenta metodológica e pedagógica no contexto do ensino e aprendizagem das ciências (Erduran, 2008; Erduran, & Jiménez-Aleixandre, 2012). Contudo, vários autores têm vindo a apontar diversas limitações ao seu uso no contexto científico (Abi-El-Mona, & Abd-El-Khalick, 2011; Driver, Newton, & Osborne, 2000; Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Jiménez-Aleixandre, Bugallo, & Duschl, 2000; Newton, Driver, & Osborne, 1999; Sardà, & Sanmartí, 2000; Sampson, & Clark, 2006b; Sasseron, & Carvalho, 2011b; Simon, 2008). De entre elas, salientamos as seguintes:

- (1) A aplicação do PAT, em situações de co-construção de argumentos, cria

dificuldades metodológicas. Isto é, particularmente, visível em situações em que os diálogos são extensos, pois a organização do discurso não obedece à sequência patente no esquema do argumento, o que gera dificuldades acrescidas na identificação dos vários elementos do PAT;

(2) O esquema apresenta o argumento de uma forma descontextualizada. Para a interpretação dos textos é imprescindível conhecer a situação em que o discurso se produziu. A mesma afirmação pode ter significados distintos em contextos diferentes, pelo que o desconhecimento das circunstâncias em que se produzem as afirmações pode levar a uma interpretação inadequada dos argumentos;

(3) Nem sempre os elementos do PAT estão explícitos no discurso. Como já foi referido, a garantia está, frequentemente, implícita por ser algo compartilhado pelos interlocutores, o que dificulta a sua identificação;

(4) Nem todos os aspetos que ocorrem numa conversa são de natureza verbal. Há uma dimensão semiótica no discurso que contempla gestos, manipulação de materiais, ilustrações e gráficos que complementam a comunicação, que escapam à análise da estrutura de um argumento;

(5) A codificação dos elementos do PAT, em particular, dos dados, fundamentos e garantia, é ambígua e complexa, dependendo da interpretação pessoal dos discursos, sendo categorias pouco seletivas. Há determinados elementos que se sobrepõem, como a garantia e o fundamento, o que leva alguns autores (Erduran, 2008; Jiménez-Aleixandre, 2008, 2010) a optarem pela interseção desses dois elementos num único – a justificação.

Estas limitações não têm, contudo, impedido que inúmeras investigações utilizem o PAT como instrumento metodológico de análise de argumentos. Segundo Sasseron e Carvalho (2011b), há autores que referem que as limitações do PAT se devem à sua aplicação a campos do conhecimento para os quais não foi concebido. Contudo, não podemos deixar de referir que no *The uses of argument*, Toulmin não faz qualquer referência a esse assunto, tendo sido objetivo do autor desenvolver um padrão universal, pelo que a crítica à ausência da contextualização da construção do argumento é das mais focadas, pelos diversos autores.

Ainda que não tenha sido objeto de reflexão explícita por parte de Toulmin, vários estudos têm usado o PAT para analisar a qualidade de um argumento (Simon, 2008). O autor apenas refere que um argumento deve conter, pelo menos, três elementos

essenciais: a conclusão, os dados e a justificação (Toulmin, 2006). Contudo, tem sido considerado que um argumento contendo todos os elementos do PAT terá maior qualidade que outro em que isso não ocorra (Simon, 2008). Especial menção tem merecido as condições de refutação (Erduran, Simon, & Osborne, 2004) para estabelecer essa mesma qualidade, pois um argumento que considere situações de exceção da conclusão prevê as circunstâncias em que ela perde a sua validade. Há, porém, críticos da utilização exclusiva do PAT enquanto padrão indicador da qualidade de um argumento (Sampson, & Clark, 2006b; Simon, 2008). Estas críticas advêm do facto de Toulmin considerar que a maioria dos elementos estruturais do PAT são campo-invariáveis, isto é, a estrutura de um argumento não está dependente da área do saber em que ele é formulado. Porém, a análise da qualidade de um argumento não pode depender, unicamente, da sua estrutura mas, também, do conteúdo expresso, algo que, de acordo com aqueles autores, tem de ser tido em conta na avaliação de um argumento. Assim, o conteúdo substantivo da conclusão, garantia, fundamento e dados não se compadece com uma análise estrutural simples do argumento.

O PAT é uma mais-valia em termos metodológicos e pedagógicos: se, por um lado, a sua função enquanto ferramenta de análise e avaliação da estrutura de um argumento é relevante, ainda que considerando as críticas que lhe foram dirigidas e que poderão ser ultrapassadas complementando essa análise com outras abordagens (Newton, Driver, & Osborne, 1999), por outro, é um instrumento pedagógico com potencialidades por permitir compreender que a validade de um argumento depende do seu conteúdo substantivo mas, também, da sua estrutura, o que possibilita a tomada de consciência do papel das provas e da justificação na construção do conhecimento científico.

2.2.2.2 A nova retórica de Perelman e Olbrechts-Tyteca

O ano de 1958, como já anteriormente referimos, foi profícuo no ressurgir de teorias de argumentação. Tal como Toulmin, também Chaim Perelman (1912-1984) e a sua colaboradora Lucie Olbrechts-Tyteca (1899-1987), académicos belgas, publicaram a obra *Traité de l'argumentation: la nouvelle rhétorique*, inspirada na tradição retórica oriunda da Grécia Antiga, com destaque para os escritos de Aristóteles que, na sua obra *Tópicos*, opunha a demonstração lógica à dialética ou raciocínio retórico. Segundo os autores:

Os lógicos e os filósofos modernos desinteressaram-se completamente pelo nosso tema. É essa a razão pela qual o nosso tratado se liga sobretudo às preocupações do Renascimento e, para lá delas, às dos autores gregos e latinos, que estudaram a arte de persuadir e convencer, a técnica da deliberação e da discussão. Essa é a razão pela qual o apresentamos como uma *nova retórica* (Perelman, & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 13, *itálico no original*).

Ainda que com diferenças de abordagem face a Toulmin, nomeadamente quanto à conceção fundamental da argumentação, há convergências entre as duas obras (Breton, & Gauthier, 2001; Grácio, 2010), das quais se podem referir: (1) ambos advogam uma reforma da lógica tradicional, cujos padrões se afastam da racionalidade argumentativa; (2) as duas obras foram desenvolvidas tendo como referência o direito e (3) ambas estabelecem oposição entre a racionalidade demonstrativa e a racionalidade argumentativa, atacando os pressupostos de imparcialidade, neutralidade, objetividade e validade universal da primeira e defendendo a pessoalidade, a validade contextual, a razoabilidade e plausibilidade das teses, da segunda. Contudo, enquanto a teoria de argumentação de Toulmin procura uma reforma do logicismo formal com o objetivo de a tornar mais próxima de contextos do quotidiano, a teoria perelmaniana ergue-se contra a racionalidade cartesiana, “esforçando-se por valorizar o verosímil relativamente ao necessário e por destacar a importância das opiniões por comparação com os factos” (Breton, & Gauthier, 2001, p. 49). Atribuímos a esta pretensão, uma valorização humanista do processo argumentativo, que vem realçar uma dimensão retórica, presumivelmente ausente da perspetiva cartesiana, alegadamente racional, e que é criticada por estes autores.

Perelman e Olbrechts-Tyteca foram responsáveis pelo resgate da retórica, dando-lhe uma nova imagem enquanto teoria da argumentação. Segundo os mesmos autores, o objeto desta teoria “é o estudo das técnicas discursivas permitindo *provocar ou aumentar a adesão dos espíritos às teses que se apresentam ao seu assentimento*” (Perelman, & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 12, *itálico no original*). A teoria perelmaniana é, também considerada uma teoria da comunicação, desenvolvida em torno do conceito de auditório, uma vez que pressupõe uma situação retórica representada por um emissor (o orador), um recetor (o auditório) e uma mensagem (os argumentos).

A ideia de auditório advém da retórica tradicional e está, intimamente, associada a um processo discursivo. Nas palavras daqueles autores,

O que conservamos da retórica tradicional é a própria ideia de *auditório*, que é imediatamente evocada a partir do momento em que se pensa num discurso. Todo o discurso tem por alvo um auditório e esquece-se com demasiada frequência que o mesmo se passa de qualquer escrito” (Perelman, & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 15, *itálico no original*),

consistindo o auditório “[n]o conjunto daqueles sobre quem o orador quer influir através da sua argumentação” (idem, p. 27, *itálico no original*). Este conjunto pode ser singular, quando alguém desenvolve um processo deliberativo consigo próprio, ou coletivo, quando se estabelece uma interação com outrem (seja este apenas um outro indivíduo ou o conjunto de toda a humanidade, tomando neste caso, a designação de auditório universal).

Uma argumentação eficaz é, segundo Perelman e Olbrechts-Tyteca (2006), aquela que consegue fazer aumentar a adesão do auditório às teses ou argumentos do orador. Como referem os autores, “O importante na argumentação, não é saber o que o próprio orador considera como verdadeiro ou como probatório, mas qual é a opinião daqueles a quem se dirige” (p. 32). Contudo, para que tal possa suceder, é necessário que o orador se adapte ao auditório e mantenha com ele algum contacto, o que nos leva a afirmar que os processos argumentativos estão muito dependentes do contexto em que se produzem. Assim, torna-se fundamental que o orador forme uma conceção adequada do seu auditório. Como se refere no *Tratado de Argumentação*, uma imagem inadequada do auditório pode trazer consequências inesperadas para o orador. Desta forma, a argumentação tem em vista um determinado conjunto de pessoas, com as suas características particulares, que devem ser do prévio conhecimento do orador, está situada num contexto específico e depende da sua capacidade persuasiva. Nesta perspetiva, consideramos que a teoria argumentativa de Perelman e Olbrechts-Tyteca (2006) vem salientar um aspeto, de certa forma, ausente da teoria toulminiana: a contextualização do discurso argumentativo, como fundamental para a compreensão da mensagem.

Os meios de persuasão a ter em conta pelo orador para que a argumentação tenha eficácia podem ser representados pelo (1) *ethos*, (2) *pathos* e (3) *logos* discursivos (Osborne, 2001), conceitos retóricos utilizados por Aristóteles nas suas obras sobre este assunto. O primeiro diz respeito à credibilidade do orador e à capacidade que ele tem para fazer esboçar sentimentos ou afetos. Vários fatores podem condicionar o *ethos* do orador como o seu aspeto físico, a sua autoridade científica ou moral, as suas capacidades

técnicas de oralidade. O *pathos* é representado pelo auditório. O orador tem de impressionar e gerar sentimentos com o seu discurso, de forma a fomentar a adesão do auditório. Daí a importância que a teoria perelmaniana concede ao conhecimento prévio do auditório, por parte do orador. O *logos* corresponde à dimensão racional corporizada na mensagem transmitida pelo orador, ou seja, nos argumentos, salientando a necessidade de uma linguagem comum e compreensível entre orador e auditório. Sem argumentos bem selecionados e organizados, com justificação das opiniões emitidas pelo orador, este perde a sua credibilidade e não promove a adesão do auditório às suas teses. Estes três elementos não existem isolados mas estão em interação durante a argumentação, como é frisado por Perelman e Olbrechts-Tyteca (2006): “Os valores aceites pelo auditório, o prestígio do orador, a própria linguagem de que se serve, todos esses elementos estão em constante interação quando se trata de conquistar a adesão dos espíritos” (p. 148).

Outro aspeto abrangido pela nova retórica perelmaniana prende-se com a dicotomia existente entre a possibilidade do orador persuadir ou convencer o auditório (Breton, & Gauthier, 2001), atribuindo-se, comumente, ao primeiro daqueles termos uma carga pejorativa. A persuasão remete, habitualmente, para a imagem de manipulação afetiva ou emocional dos indivíduos, através de técnicas retóricas sofisticadas e uso de argumentos menos racionais. Por outro lado, convencer um auditório transporta-nos para a dimensão racional do discurso argumentativo, uma vez que os argumentos deverão ser justificados com razões adequadas ao contexto da discussão ou debate e cujas premissas sejam aceites pelo auditório. Para Perelman, a persuasão é mobilizada quando o orador se preocupa com o resultado da adesão às suas teses por parte de um auditório particular. Uma argumentação convincente será aquela em que o orador está mais preocupado com o carácter racional da adesão e em que espera obter a adesão de todos os seres dotados de razão (Perelman, & Olbrechts-Tyteca, 2006).

Em termos educacionais, a teoria perelmaniana apresenta aspetos conceptuais que incluem “Noções como orador, auditório e acordos prévios [que] podem ser muito úteis para se pensar relações pedagógicas com base no diálogo dos saberes” (Lemgruber, & Rivelli, 2011, p. 5). Outros aspetos citados por estes autores relativamente a potencialidades da teoria perelmaniana passam por: (1) considerar a ideia de que argumentar bem é, também, pensar bem e saber expressarmo-nos, defendendo pontos de

vista; (2) ressaltar a importância dos saberes prévios dos alunos para a construção do conhecimento, atendendo ao facto de na teoria se considerar a importância do orador conhecer previamente o auditório a que se dirige; (3) apoiar as práticas pedagógicas de natureza dialógica, respeitando os alunos como sujeitos de saber, pois argumentar é ter apreço pelo interlocutor, ideia que é mais tarde explorada por Plantin (2010). Lemgruber e Rivelli (2011) chegam mesmo a questionar:

Se a regra de ouro da teoria da argumentação é que o orador se deve adaptar ao seu auditório, por que não estendê-la à sala de aula, à relação entre professores e alunos? O saber milenar da retórica reforça as críticas à educação ‘bancária’, calcada em depósitos de alunos, pois ensina-nos que a argumentação se deve desenvolver em função do auditório (p. 7).

Algumas destas potencialidades foram objeto de investigação por Konstantinidou, Cerveró e Castells (2010). Neste estudo, os autores concluem que a análise dos argumentos dos alunos é útil para melhorar a compreensão acerca das conceções alternativas e sobre a dificuldade de as mudar, tendo, para o efeito, usado algumas das técnicas argumentativas expostas no *Tratado de Argumentação*.

Porém, a teoria argumentativa de Perelman e Olbrechts-Tyteca não tem sido muito explorada no contexto da educação científica. Há alguns estudos portugueses que num âmbito mais alargado vão para além da teoria e se têm centrado no estudo do papel das analogias e das metáforas nos processos de ensino e de aprendizagem (Oliveira, 1996; Pires, 2005; Santos, 2006). As analogias e as metáforas incluem-se, segundo Perelman, num grupo de técnicas argumentativas, a que os autores atribuíram a designação de ‘ligações que fundam a estrutura do real’ (Perelman, & Olbrechts-Tyteca, 2006). Segundo Breton e Gauthier (2001),

Trata-se de uma situação hipotética em que a argumentação irá propor um nexo entre elementos do real que não surgem imediatamente como tendo entre si uma relação, o que significa que esse nexo não existe de antemão e cabe ao orador correr o risco de inventar e de propor uma ligação pertinente (p. 65).

É, portanto, neste contexto que Perelman explora as noções de analogia e metáfora. Estas são figuras argumentativas, frequentemente, utilizadas no discurso das disciplinas de ciências físicas e naturais, por facilitarem, em determinadas circunstâncias, a apropriação de conceitos e ideias científicas pelos alunos. Os autores desenvolveram um processo de categorização, de técnicas argumentativas, bastante extenso que, por não se integrar no

âmbito deste trabalho, não apresentamos.

Uma das razões para uma utilização mais limitada da teoria argumentativa de Perelman e Olbrechts-Tyteca na investigação educacional pode relacionar-se com o seu carácter menos prescritivo, se comparada com a teoria toulminiana. Na sua tese de doutoramento, Grácio (2010), desenvolve uma reflexão sobre os principais méritos e interrogações em torno das teses defendidas no *Tratado de Argumentação*. Segundo aquele investigador, a teoria de Perelman trouxe para a agenda filosófica a noção de argumentação e de retórica, mostrando que a racionalidade vai muito além do absolutismo epistemológico e monismo metodológico cartesiano. Para além deste aspeto, deixou um legado quanto à tipificação de argumentos e de técnicas argumentativas, à caracterização de auditórios e da sua importância nos processos de comunicação.

Contudo, continuando a referir ideias de Grácio (2010), com as quais concordamos, a teoria perelmaniana é dececionante para quem pretende nela encontrar meios de se tornar um bom argumentador, pois os autores nunca se pronunciam sobre como alcançar os objetivos pretendidos através da persuasão. Outro aspeto a ressaltar é que não encontramos, ao longo da obra, uma definição de argumento, ainda que Perelman se refira a ‘teses’, nunca explicitando em que consistem. Assim, uma questão que se pode levantar é como se pode distinguir entre um argumento e um não argumento, considerando a mesma indefinição.

Por fim, citamos aquele que, para nós, é o ponto mais problemático da teoria, citado por Grácio (2010): ao generalizar o que é característico da argumentação, a partir de um modelo de oratória, Perelman desenvolve uma abordagem monológica e unilateral do discurso. A eficácia argumentativa é centrada no aumento da adesão às teses do orador e a ação do auditório reduz-se à manifestação de (não) apoio ao discurso. Ora, como refere aquele investigador, “é legítimo pensar que a argumentação seja, antes de mais, dialogal e não monologal, situação que implica a presença de um discurso e de um contradiscurso em confronto (e, logo, também, a existência de turnos de palavras)” (Grácio, 2010, p. 170). Contudo, a teoria perelmaniana ignora esta vertente do discurso argumentativo, negando a possibilidade ao auditório de uma postura crítica, interrogativa e contra argumentativa.

2.2.2.3 Perspetivas contemporâneas – breve referência

As teorias que emergiram nas últimas décadas do século XX transmitem uma visão mais dinâmica do processo argumentativo face a algumas críticas às teses que foram descritas anteriormente (Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008). Fruto da nova perspetiva retórica, aliada a estudos de pragmática, vários investigadores foram construindo as suas propostas teóricas que se alicerçam em pressupostos comuns: (1) o carácter dialógico da argumentação e (2) a importância dos movimentos discursivos na elaboração dos argumentos. Em seguida iremos descrever, ainda que de forma sintética, alguns dos princípios de duas teorias argumentativas contemporâneas.

A – Teoria crítica de Walton

Walton é professor de Filosofia da Universidade de Winnipeg, no Canadá, sendo conhecido por ter elaborado a teoria crítica da argumentação. Produziu, até ao momento, vasta obra dedicada ao estudo da lógica informal e sua relação com a argumentação, sendo duas das mais conhecidas, *Informal logic: A pragmatic approach*, de 1989, e *Argumentation schemes for presumptive reasoning*, de 1996. É, aliás, nesta última obra que Walton concretiza as suas ideias em torno dos modelos argumentativos. Seguindo a linha apresentada por Perelman e Olbrechts-Tyteca (2006) em relação à identificação de várias técnicas argumentativas, Walton e seus colaboradores reconheceram um conjunto de 60 esquemas argumentativos que são, frequentemente, utilizados na construção de argumentos no contexto do raciocínio presumido (*presumptive reasoning*).

Segundo Walton (2006), a correção estrutural de um argumento pode ser avaliada de acordo com três princípios racionais: dedutivo, indutivo e presuntivo. Num argumento dedutivamente válido, a duas premissas verdadeiras corresponde, necessariamente, uma conclusão verdadeira. Os silogismos são formas estruturais e lógicas de apresentação dos argumentos dedutivos. Nos argumentos fortemente indutivos, se as premissas forem verdadeiras, é, então, indutivamente provável que a conclusão, também, seja verdadeira. Este tipo de argumentos é baseado na probabilidade e estatística. Por fim, Walton refere um terceiro tipo de argumentos, menos fiável que os anteriores, mas bastante comum no quotidiano. No dia-a-dia, torna-se imperioso, por vezes, chegar a conclusões ou tomar decisões, ainda que elas se fundamentem em premissas sobre as quais o grau de plausibilidade é indefinido, por não termos na nossa posse todas as provas que as

permitam sustentar. Assim, torna-se fundamental efetuar uma análise crítica da validade desse tipo de argumentos. Nas palavras do filósofo:

Num argumento plausível, se as premissas são verdadeiras, então, o peso da plausibilidade é deslocado para a conclusão. Dizer que uma afirmação é plausível significa que parece ser verdadeira, baseada nos dados conhecidos e observados, até então, numa situação normal com a qual estamos familiarizados (Walton, 2006, p. 83).

Assim, este raciocínio está fundado na ideia de que a verdade ou a razoabilidade das premissas e, posteriormente, da conclusão, não segue um padrão dedutivo ou indutivo, mas, antes, uma aceitação presumível, em determinadas circunstâncias, e sujeita a retratação, em caso de alteração dessas circunstâncias (Duschl, 2008a; Walton, 2006).

Para Walton (2006), um argumento é formado por uma razão ou conjunto de razões que sustentam ou criticam uma dada afirmação questionável ou aberta à dúvida. Como já foi referido, para o filósofo, um argumento deve ser apresentado sob a forma de um conjunto de premissas (razões) e de uma conclusão. Já o processo de conectar a apresentação de argumentos, através de uma cadeia de intervenções, que surgem sob a forma de diálogo, corresponde, segundo o autor, à argumentação: “O termo ‘argumentação’ denota este processo dinâmico de conectar argumentos conjuntamente, com algum propósito, durante um diálogo” (Walton, 2006, p. 1). O autor clarifica, ainda, a sua conceção de diálogo:

um tipo de conversa objetivamente direcionado, no qual dois intervenientes (no mínimo) participam por turnos. Em cada movimento uma parte responde ao movimento anterior, da outra parte. Assim, cada diálogo é uma sequência conexa de movimentos (atos discursivos) que têm um fluxo direcional. (...) Os diálogos não contêm somente argumentos. Eles podem incluir explicações, instruções sobre como fazer algo, etc. Mas, frequentemente, eles contêm argumentação (Walton, 2006, p. 2).

Os argumentos podem ser considerados segundo duas perspetivas: uma local e outra global (Walton, 2006). Na primeira, um argumento é constituído por um conjunto de premissas e uma conclusão; na segunda, um argumento corresponde a um processo de troca de turnos de fala numa situação de diálogo, que o autor designa de argumentação em cadeia, com a finalidade de resolver uma questão central. Esta perspetiva global de argumento e argumentação revela uma necessidade do autor de ultrapassar as visões monológicas características das teorias anteriores, propondo que a argumentação seja considerada “num contexto de intercâmbio de um diálogo interativo” (Breton, & Gauthier, 2001, p. 108).

A maioria dos argumentos que emerge destes processos dialógicos assume um carácter eminentemente presuntivo e revogável (Walton, & Reed, 2002). Sendo de natureza presuntiva, deverão existir razões a favor e outras, contra a conclusão. As formas de inferência destes argumentos constituem os esquemas argumentativos de Walton, que representam tipos de argumentação comuns no contexto jurídico e científico. Neste caso, podem ser usados para fundamentar hipóteses a partir de provas ou no raciocínio tipo causa-efeito (Ibraim, Mendonça, & Justi, 2013). Diversos destes raciocínios argumentativos de tipo presuntivo foram, durante muitos anos, classificados como falácias pelos autores mais clássicos da lógica formal, por os associarem à subjetividade (Ibraim, Mendonça, & Justi, 2013).

Às estruturas de inferência que constituem os esquemas argumentativos, Walton associou um conjunto de questões críticas, que têm como função avaliar argumentos particulares, na relação com o contexto de diálogo em que eles surgem (Nussbaum, Sinatra, & Owens, 2012; Walton, 2006; Walton, & Reed, 2002). A fim de se compreender um pouco melhor esta inter-relação entre esquema argumentativo e questões críticas, vamos exemplificar com uma descrição de uma situação apresentada por Walton e Reed (2002). Suponhamos que alguém (indivíduo 'a'), perdido numa cidade, pretende saber onde se localiza a estação central dos transportes. Para tal, dirige-se a uma pessoa (indivíduo 'b'), que encontra na mesma cidade, e questiona-a. Se o indivíduo 'b' responder, referindo a localização pretendida, que razões tem o indivíduo 'a' para crer que a localização fornecida é correta? Este argumento pode apresentar a seguinte estrutura geral:

- (1) Premissa maior: O indivíduo 'b' está em posição de saber acerca de coisas sobre um assunto 'S' contendo a proposição 'A'.
- (2) Premissa menor: O indivíduo 'b' assegura que 'A' (no assunto 'S') é verdadeiro (ou falso).
- (3) Conclusão: 'A' é verdadeiro (ou falso).

Segundo Walton e Reed (2002), se as premissas forem plausivelmente verdadeiras, então é provável que a conclusão também o seja. Contudo, há possibilidade de tal não se verificar pelo que sugerem três questões críticas que se aplicam a esquemas argumentativos deste tipo, que designam de 'argumentos da posição ao conhecimento' (*arguments from position to know*):

QC1: Está 'b' na posição de saber se 'A' é verdadeiro (ou falso)?

QC2: É 'b' uma fonte respeitável (fiável, segura)?

QC3: 'b' declarou que 'A' é verdadeiro (ou falso)?

Se a resposta a uma ou mais destas questões críticas for afirmativa, isso faz aumentar a plausibilidade do argumento produzido. Contudo, se alguma delas for negativa, a conclusão do argumento é colocada em causa. Alguns autores como Blair (2012) têm criticado a falta de relação entre os esquemas argumentativos e as questões críticas, por considerar que não é compreensível o que motivou a sua elaboração e que critérios permitem afirmar se a lista de questões está, ou não, completa (Ibraim, Mendonça, & Justo, 2013).

A teoria dos argumentos presuntivos de Walton não tem sido muito utilizada em investigações no campo da educação em ciência, particularmente, no contexto europeu (Erduran, & Jiménez, Aleixandre, 2012). Porém, alguns estudos (Duschl, 2008; Gray, & Kang, 2014; Ibraim, Mendonça, & Justo, 2013), nos últimos anos, têm utilizado a categorização de Walton dos esquemas argumentativos, em que estes funcionam como complemento do PAT, enquanto ferramenta metodológica para analisar os argumentos (Erduran, 2008). Se, por um lado, o PAT permite o estudo da estrutura dos argumentos, por outro, os esquemas argumentativos contribuem para a análise do seu conteúdo. Os resultados desses estudos têm revelado as potencialidades do uso de esquemas argumentativos na investigação, uma vez que o raciocínio presuntivo reflete o que tipicamente ocorre na sala de aula em termos discursivos (Duschl, & Osborne, 2002).

B – A teoria pragma-dialética

A teoria pragma-dialética teve a sua origem nos anos 80, do século XX. Foi, inicialmente, proposta por dois académicos linguistas da Escola de Amesterdão – van Eemeren e Grootendorst – e é considerada como a mais precisa e completa de entre as várias teorias de argumentação propostas (Breton, & Gauthier, 2001). A teoria foi inicialmente apresentada no livro *Speech act in argumentative discussion*, de 1984 e, em 2004, foi alvo de uma sistematização do estado da arte, incluída na obra *A systematic theory of argumentation*, que serviu de base bibliográfica para esta síntese.

Na pragma-dialética encontramos pontos de contacto com a teoria de Walton, através do racionalismo crítico, em que a argumentação surge como processo de

justificação do conhecimento, e com as teses de Perelman e Olbrechts-Tyteca acerca da relevância da persuasão enquanto processo retórico de convencimento de um auditório (Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008). A teoria argumentativa de van Eemeren e Grootendorst é designada por teoria pragma-dialética pois contém, por um lado, uma perspectiva pragmática que considera os processos de comunicação inerentes à argumentação e, por outro, pressupõe uma dimensão dialética em torno de diferenças de opinião, num intercâmbio racional metódico de atos de fala (Breton, & Gauthier, 2001).

Van Eemeren e Grootendorst (2004), definem argumentação como “uma atividade verbal, social e racional visando convencer um crítico racional acerca da aceitabilidade de um ponto de vista, apresentando uma constelação de proposições, que justificam ou refutam a proposição expressa no ponto de vista” (p. 1). Para os autores, a argumentação é uma atividade verbal, uma vez que ocorre através da utilização da linguagem; é uma atividade social, pois é dirigida a outras pessoas; é uma atividade racional, por se fundamentar em considerações intelectuais. Para além destas características, os referidos autores defendem, ainda, que no processo de argumentação há sempre um referente veiculado através de um determinado ponto de vista sobre um assunto que está em discussão. A finalidade da argumentação é convencer o ouvinte ou o leitor acerca da aceitabilidade de uma dada perspectiva. A constelação de proposições incluída na definição apresentada refere-se a uma ou mais expressões cuja função é a de justificar ou de refutar a posição expressa no ponto de vista. Um ponto de vista corresponde a um enunciado que expressa uma conceção materializada por uma tomada de posição dentro da disputa. Breton e Gauthier (2001) sintetizam estas ideias em torno da teoria, ao afirmarem que “A argumentação é um processo de resolver uma divergência de opiniões no quadro de uma discussão crítica” (p. 122).

Segundo a perspectiva de argumentação expressa, van Eemeren e Grootendorst rejeitam que as deliberações pessoais, internas, possam ser consideradas processos argumentativos. Assim, segundo os autores, a deliberação consigo próprio é somente um processo de pensamento reflexivo, não argumentativo, por não envolver as características de externalização e de socialização que caracterizam a argumentação. Contudo, não concordamos com esta perspectiva por considerarmos que as deliberações internas, também, exigem tomadas de decisão nas quais, frequentemente, está envolvida a análise e reflexão em torno de posições diferentes, pelo que podem ter um carácter

argumentativo. Esta posição é apoiada por autores como Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) e Garcia-Mila e Anderson (2008), que a designam como argumentação intrapsicológica.

E, no contexto desta teoria, o que entendem os autores, por argumento? As expressões verbais não são, por natureza, argumentos ou pontos de vista. Elas apenas se tornam argumentos no contexto próprio da discussão “onde cumprem uma função específica no processo de comunicação” (van Eemeren, & Grootendorst, 2004, p. 3). Assim, uma expressão oral ou escrita apenas se pode considerar um ponto de vista ou argumento se exprimir um posicionamento positivo ou negativo em relação a uma proposição. Um conjunto de argumentos que contribua para justificar ou refutar uma proposição constitui, segundo os autores, uma argumentação. Pode-se, desta forma, considerar que no contexto da pragma-dialética, um argumento é um enunciado em que o orador ou proponente procura defender o próprio ponto de vista e que se pode apresentar de formas distintas (pergunta, afirmação, ordem ...), de acordo com a situação comunicativa.

A teoria pragma-dialética propõe a classificação de argumentos em três classes: analítica, dialética e retórica. Os argumentos analíticos estão fundamentados na lógica formal, em que há uma relação, indutiva ou dedutiva, de concordância entre as premissas e a conclusão, neles se podendo incluir implicações materiais, silogismos e falácias. Estes são os argumentos mais raros na prática do quotidiano. Os argumentos dialéticos, a nosso ver, aproximam-se dos argumentos plausíveis de Walton pois, segundo van Eemeren e Grootendorst, são os que, seguindo uma lógica informal, surgem durante discussões ou debates que implicam raciocínio com premissas que presumivelmente serão verdadeiras. Por fim, os argumentos retóricos, de natureza oratória, são representados por técnicas discursivas que têm a finalidade de persuadir uma audiência. As provas têm um papel, particularmente, relevante nos dois primeiros tipos de argumentos referidos. Assim, são os mais adequados em processos de argumentação científica, ainda que todos eles sejam úteis em diferentes momentos do processo de construção do conhecimento científico (Duschl, 2008a). Tal como em relação à teoria de Walton, a pragma-dialética não tem sido uma ferramenta metodológica explorada, de forma sistemática, em estudos sobre argumentação científica em contexto de sala de aula, ainda que existam algumas

investigações que a ela tenham recorrido como a realizada por Bortoletto e Carvalho (2009).

Em síntese, para além das várias concepções em torno de argumentação e argumento que foram surgindo ao longo da segunda metade do século XX, parece-nos ser de destacar a tendência de dialogicidade que foi sendo vincada pelas teorias mais recentes. O PAT tem tido uma enorme repercussão nos estudos de argumentação no contexto de educação em ciência. As dificuldades da sua utilização prendem-se, essencialmente, com a aplicação de um enquadramento analítico que foi construído na proximidade de uma concepção monológica da argumentação (Plantin, 2005). Talvez por isso, por vezes, considera-se que a teoria de Toulmin não é uma teoria da argumentação mas sim uma teoria do argumento (como é, de resto, salientado no título da obra 'Os usos do argumento'). A adoção de uma das teorias argumentativas descritas (ou de outras que não foram exploradas neste trabalho) como orientadora de um determinado estudo estará essencialmente relacionada com o contexto, as questões e os objetivos da investigação. Contudo, parece-nos que há uma tendência recente que leva à adoção de ferramentas metodológicas oriundas de várias correntes teóricas com a finalidade de colmatar as dificuldades encontradas no campo da investigação da argumentação na educação em ciência.

2.2.3 A argumentação como prática epistémica e social em ciência

Como já tivemos oportunidade de referir, após a consagração do dedutivismo cartesiano e da implantação de uma concepção de ciência empirista, as primeiras décadas do século XX viram aprofundar as ideias positivistas. Entre elas podemos citar a busca da objetividade, neutralidade e isenção de valores, em processos experimentais e nas observações, e a busca da verdade da ciência, traduzidas em leis científicas que permitiam aos humanos dominar a Natureza. Assistiu-se, ainda, à glorificação do método científico como instrumento essencial na leitura do livro da Natureza (Pera, 2000). Com o advento do positivismo lógico e a pretensão de axiomatização das proposições, a ciência foi reconhecendo à lógica, que tinha sofrido grande desenvolvimento teórico a partir da segunda metade do século XIX, a capacidade para avaliar e certificar a validade do conhecimento produzido. O papel da lógica, neste contexto epistemológico, era o de estudar as inferências dedutivas e os raciocínios indutivos, permitindo distinguir entre

argumentos válidos e inválidos (Vicente, 2004). Nesta perspetiva positivista, “os enunciados científicos são vistos como lógica e evidentemente dedutíveis, a partir de um conjunto de premissas empíricas” (Osborne, 2012, p. 935). A lógica formal foi assumida, desta forma, como um dos pilares fundamentais da argumentação na primeira metade do século XX, enquanto “lógica dedutiva que depende exclusivamente de uma sintaxe axiomática que se abstrai de todo o conteúdo e contexto” (Rehg, 2009, p. 23).

Um dos lógicos mais conhecidos, que esteve associado ao grupo de Berlim e que mais tarde participou do Círculo de Viena, foi Carl Hempel (1905-1997). Este pensador, conjuntamente com Carnap, procurou estabelecer princípios de racionalidade confirmatória das proposições a partir das relações formais abstratas entre hipóteses e evidências. Rehg (2009) clarifica que o mérito da estrutura intrínseca formal dos argumentos, extirpados do seu conteúdo, contexto e da pragmática da investigação, estabeleciam o elevado padrão de convencimento dos argumentos produzidos pelos positivistas lógicos.

Como já mencionámos, este carácter rígido dos argumentos lógicos formais e a negação do poder da dialética na produção do conhecimento, inscrita nas teses cartesianas, levantaram um coro de críticas entre alguns epistemólogos, com maior preponderância a partir da década de 1950. Neste período foram publicadas obras que propunham um corte epistemológico com teses positivistas e abordagens centradas na lógica formal, surgindo o período de reabilitação da retórica, enquanto técnica discursiva persuasiva de audiências (Perelman, & Olbrechts-Tyteca, 2006). Como refere Rehg (2009), os lógicos preocupavam-se com as estruturas que preservavam a verdade, mas rejeitavam o discurso em contexto e a persuasão, que viam como manipuladora de mentes. Estas duas dimensões do discurso foram, então, exploradas posteriormente, por Toulmin e Perelman, nas duas obras já citadas e publicadas em 1958. Cerca de quatro anos depois, foi trazida a público a *Estrutura das revoluções científicas*, de Kuhn que contribuiu para aprofundar, ainda mais, o corte epistemológico com teses positivistas anteriores, altamente lesivas de uma análise histórica e sociológica da ciência.

Ao alertar para as dinâmicas da evolução do conhecimento em ciência, Kuhn criticou os processos de lógica demonstrativa e deu voz a práticas que se afastavam de métodos e lógicas inferenciais, tendo centralizado a atenção no conteúdo substantivo dos argumentos e nos processos argumentativos contextualizados (Rehg, 2009). As teses

kuhnianas particularizam esta situação em fases de revolução científica, tendo o filósofo defendido que não há razões lógicas para a adoção de um ou outro paradigma por uma comunidade científica. A decisão tomada tem em conta, essencialmente, a apresentação de razões persuasivas que seduzem muitos dos cientistas que não trabalharam no paradigma anterior, pelo que, mais facilmente, se inclinam a aderir a novas teses. Começam, assim, a emergir julgamentos coletivos, com base em razões, que apresentam o novo paradigma como mais frutuoso e interessante para a ciência. Segundo Kuhn, estas decisões são produzidas num contexto social e histórico. Assim, para este autor, “um argumento qualifica-se como convincente em virtude do seu efeito psicossocial a longo prazo numa, devidamente organizada, comunidade autónoma de especialistas” (Rehg, 2009, p. 55).

Contudo, Kuhn não conseguiu resolver a tensão existente entre a dimensão da racionalidade científica, que atribuiu importância às razões invocadas por uma comunidade na escolha de um paradigma, e os fatores psicológicos e sociais, que influenciam as decisões da comunidade. Mais recentemente, autores como Marcello Pera têm-se debruçado sobre estas questões tendo frisado que para além dos argumentos dedutivos e indutivos, em que a componente racional é forte, os cientistas recorrem, com frequência, a processos dialéticos em que usam argumentos retóricos (Pera, 2000; Osborne, 2001). Assim, Pera (2000) considera que a dimensão racional dos argumentos é fundamental para convencer os membros da academia da sua relevância científica, mas não desvaloriza as características dialéticas do discurso que são mobilizadas para convencer uma comunidade da validade das razões invocadas. Segundo Pera (2000), o facto de um argumento apresentar razões válidas e de ser formalmente correto, não significa que seja convincente para a comunidade, entrando, então, em jogo, fatores persuasivos que dependem da forma como esses argumentos são dispostos e apresentados:

Eu não tenho nenhuma dúvida de que um argumento tem que ser convincente para uma dada comunidade na qual é apresentado. Nenhum argumento consegue ser absolutamente convincente: como um argumento é uma sequência de diálogo vivo entre interlocutores específicos que visam alterar o seu próprio sistema de crenças específicas, é a eles que tem que convencer. (...) os meios de persuasão são argumentativos, então se um argumento é bem construído, deveria persuadir aqueles a quem ele é dirigido, não interessa quão forte a sua resistência pessoal possa ser (Pera, 2000, p. 60).

Desta forma, Pera (2000) parece conceder uma autoridade epistêmica aos resultados de debates e discussões que emergem no seio da comunidade na procura de resolução de problemas gerados por controvérsias científicas, considerando que não existem árbitros imparciais.

Ao longo dos últimos séculos têm surgido diversas controvérsias científicas que se traduzem, em alguns casos, em teorias explicativas concorrentes de um determinado fenómeno e que, como tal, constituem um importante elo de ligação entre ciência e argumentação. São exemplo disso as teorias fixistas e do evolucionismo biológico, as teorias imobilistas e do mobilismo geológico, a abiogénese e biogénese, o geocentrismo e o heliocentrismo, entre muitas outras. Duschl (1997) revela a sua perspetiva em torno das teorias científicas referindo que nem todas apresentam a mesma credibilidade ou valor epistémico. Baseado nas ideias de Lakatos sobre a hierarquização das teorias científicas, Duschl (1997) construiu uma metáfora representada em esquema com a qual pretende estabelecer uma relação entre as diferentes categorias (Figura 2).

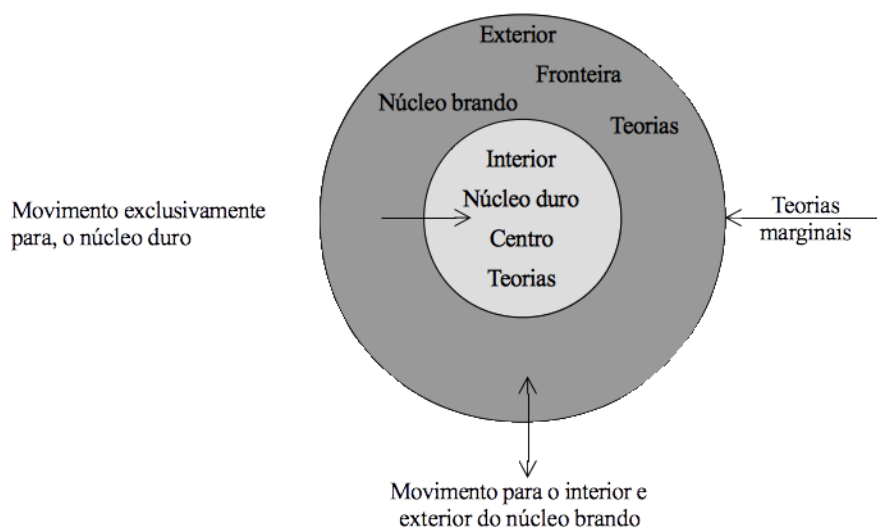


Figura 2 – Metáfora da esfera para classificar e hierarquizar as teorias científicas (Duschl, 1997)

Dentro de uma dada disciplina científica, as teorias estabelecem uma rede hierárquica, existindo umas que pertencem ao núcleo duro e outras ao núcleo brando. Segundo Duschl (1997):

O núcleo externo, mais brando, tem duas funções. A primeira proteger o núcleo interno das teorias excêntricas ou não comprovadas. A segunda, a de colocar à prova ou comprovar a solidez das teorias novas. (...) O interior é o núcleo duro onde se

encontra o fundamento da teoria. É onde se encontram as ideias mais sólidas, as mais consideradas pelos cientistas (pp. 64-65).

Considerando que a metáfora se fundamenta nas teses lakatosianas, podemos estabelecer uma relação entre a zona de fronteira, localizada no núcleo externo, e a cintura de proteção e as teorias do núcleo central como as que integram a heurística positiva dos programas de investigação. As teorias marginais correspondem, por outro lado, à heurística negativa devido ao seu valor epistêmico, uma vez que são controversas no seio da comunidade científica. As teorias já bem estabelecidas, capazes de resolver problemas empíricos e com poucas disputas conceptuais são as que integram o núcleo central. Em jeito de sistematização, Duschl (1997) considera a existência de três níveis na hierarquia das teorias: (1) o nível central, em que se incluem as teorias que constituem a corrente principal da ciência, sem que haja teorias rivais com explicações alternativas credíveis. Estão neste caso, a teoria da relatividade, a termodinâmica, a teoria celular; (2) o núcleo de fronteira, com teorias com um bom suporte empírico e poder explicativo, com poucas teorias competidoras mas com algumas anomalias de resolução pendente. Encontram-se neste nível a teoria do Big Bang, a teoria da evolução, a física dos quarks; (3) o nível marginal, que contempla teorias especulativas com capacidade explicativa diferenciada, carecendo de confirmação. Contudo, algumas dessas teorias acabarão por alcançar os níveis superiores. Estão neste caso, as hipóteses explicativas da extinção dos dinossaúros ou a teoria das cordas.

Segundo este modelo da hierarquia das teorias, consideramos que a argumentação se fará sentir, essencialmente, ao nível das teorias de nível marginal, em que existe competição entre teorias explicativas de um mesmo fenómeno e, eventualmente, ao nível das teorias de fronteira. As situações em que o conhecimento já está amplamente estabelecido e aceite assumem, frequentemente, características dogmáticas e pouco propiciadoras da existência de alternativas. No caso das teorias centrais pouco haverá para argumentar, ainda que se possam mobilizar provas que sustentem esses enunciados. Contudo, as características monológicas dessas teorias não favorecem a discussão e a argumentação. Também Pera (2000) parece associar a argumentação às controvérsias científicas, uma vez que a discussão e o debate se geram em torno de hipóteses ou teorias alternativas,

O percurso da ciência é marcado por uma série de controvérsias entre partes rivais e as subsequentes vitórias de uma parte em relação à outra. A análise retórica, no meu sentido, é o exame crítico dos argumentos apresentados nestas circunstâncias. Se estiver certo, todas essas vitórias dependem em uma das partes produzir argumentos convincentes... (p. 61).

Uma outra perspectiva acerca da decisão sobre as teorias mais adequadas para a explicação de determinados fenómenos e de construção de modelos científicos é-nos dada pelo diagrama de Giere (1991) que representa a interação entre o raciocínio, a teoria e a argumentação no desenvolvimento de ideias científicas (Driver, Newton, & Osborne, 2000) (Figura 3). Giere centra-se numa abordagem cognitiva de ciência, referindo que quando pretendemos resolver um dado problema recorremos às nossas representações ou modelos mentais que permitem desenvolver hipóteses e encontrar a solução pretendida. É este processo que está na base da construção do conhecimento científico. Segundo Hacking (1983, citado em Izquierdo-Aymerich, & Aduriz-Bravo, 2003), “O modelo cognitivo de ciência foca-se em como os cientistas trabalham e comunicam (...) e destaca os aspetos semânticos das teorias: o seu objetivo não é alcançar a verdade mas para dar sentido ao mundo” (p. 31).

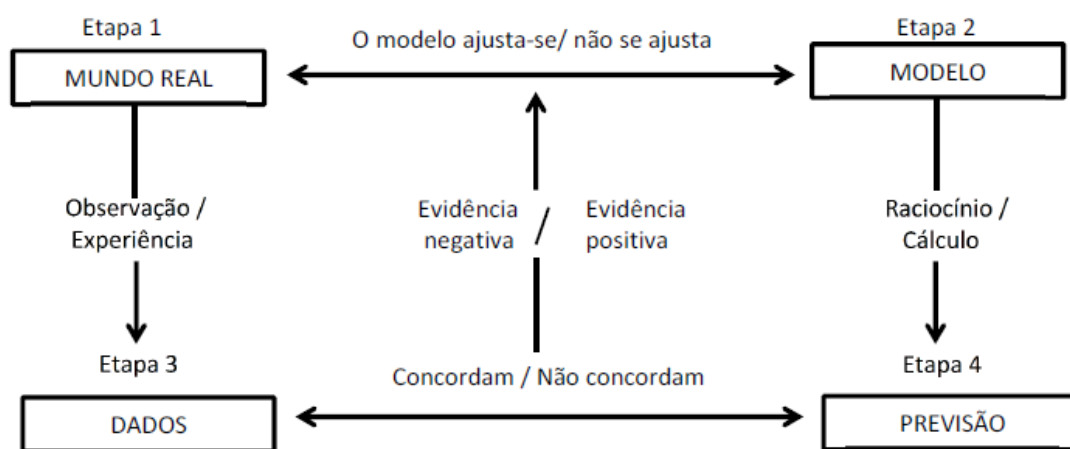


Figura 3 – Diagrama simplificado de Giere (1996) (Adaptado de Driver, Newton, & Osborne, 2000)

Segundo Erduran, Ardac e Yakamci-Gugel (2006), o diagrama de Giere, fundamentado num modelo de ciência cognitiva, revela que a função dos cientistas é investigar acerca do mundo real. Para tal, eles recolhem dados, através de instrumentos, construindo modelos que procuram demonstrar o seu pensamento acerca do funcionamento do mundo. De acordo com o diagrama, são as observações e as

experiências que estabelecem a relação entre o mundo real e os dados. Esta relação estimula a construção de argumentos sobre a adequação, ou não, do modelo à realidade, entre a teoria e os dados. A avaliação dos dados ou evidências está, também, dependente da argumentação na comunidade científica (Osborne, 2001; Schwarz, 2009), que pode, neste caso, ser considerada na sua dimensão racional (através da análise da relação entre previsões e dados).

A análise de teorias concorrentes pode ser feita à luz do conteúdo do diagrama de Giere. As teorias concorrentes são avaliadas em função da concordância, ou não, entre as previsões, estabelecidas a partir dos modelos teóricos, e os dados obtidos. Todo o processo de decisão em torno da concordância, ou não, entre as teorias propostas, as previsões e os dados é de carácter argumentativo. A atividade dos cientistas consiste, neste caso, em avaliar qual das alternativas se ajusta melhor às evidências disponíveis e qual apresenta a interpretação mais convincente do fenómeno em estudo (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Osborne, 2001). Desta forma, os cientistas envolvem-se em “sequências de apresentação e verificação da semelhança entre um ou múltiplos modelos com a realidade, através de dados empíricos” (Bötcher, & Meisert, 2011, p. 109). Os argumentos correspondem, então, a indicadores que permitem concluir sobre a adequação, ou não, do modelo, através da sua coerência interna ou comparando-o com dados empíricos.

Ainda que o modelo de hierarquização das teorias e o diagrama de Giere realcem a dimensão epistemológica do conhecimento, não podemos deixar de considerar a ciência enquanto prática social (Schwarz, 2009). Como referem alguns autores (Dawson, & Venville, 2010; Driver, Newton, & Osborne, 2000; Jiménez-Aleixandre, 2010; Osborne, 2001) antes de chegar ao conhecimento público, os conhecimentos que a ciência produz são sujeitos a vários processos de escrutínio da comunidade. Os artigos científicos são avaliados, criticados e revistos por pares antes da sua publicação em revistas científicas; em alguns casos, as experiências são repetidas e outras interpretações acabam por emergir (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Osborne 2001). Ao utilizar estes processos, a comunidade mantém um controlo de qualidade sobre o conhecimento produzido (Kuhn, 2006). Osborne (2001) menciona que

Ao apresentarem e avaliarem argumentos, os cientistas são influenciados por fatores para além dos internos à ciência (como os representados pelas características do

diagrama de Giere), por fatores como os compromissos sociais dos cientistas, valores e por uma ampla cultura de ideias e recursos tecnológicos (p. 281).

Para Osborne (2001), os argumentos científicos desenvolvem-se em três níveis diferentes, todos eles recorrendo a dispositivos retóricos: (1) na mente individual de cada cientista durante o processo criativo de desenho de investigações e na interpretação dos resultados. Esta dimensão surge categorizada como argumentação intra-psicológica (Garcia-Mila, & Andersen, 2008), como referimos anteriormente; (2) nos grupos de investigação, no qual se discutem as várias possibilidades de orientação metodológica e de enquadramento teórico da investigação; (3) na comunidade científica, no geral, durante as interações entre posições competitivas em conferências ou através de revistas científicas da especialidade ou no domínio público em que, através dos meios de comunicação social, os cientistas podem expor as suas ideias acerca das teorias que estão em competição pela explicação mais adequada de um fenómeno.

Em síntese, parece podermos concluir que, tal como defende Walton, o diálogo investigativo e o diálogo persuasivo ou de discussão crítica são os principais tipos de diálogo argumentativo mobilizados pelos cientistas. O próximo excerto, retirado de Kolstø e Ratcliffe (2008), parece sintetizar as principais ideias expressas nesta subsecção, salientando-se nelas a dimensão epistémica e social da argumentação na construção do conhecimento científico:

Walton (1998) argumenta que a apresentação dos resultados científicos em artigos científicos, até certo ponto, tem as características de investigação científica como tipo de diálogo. No entanto, a ciência em fase de laboratório, onde os investigadores trabalham em conjunto para identificar, discutir e testar diferentes possíveis fenómenos e explicações/hipóteses, provavelmente tem outras características. Nesta fase da produção do conhecimento científico, a discussão é provavelmente melhor descrita como alternando períodos de investigação científica e discussão crítica entre colaboradores. Além disso, estudos sociológicos de ciência indicam que as disputas na esfera pública entre cientistas sobre teorias concorrentes são melhor caracterizadas como diálogos persuasivos ou discussões críticas (p. 121).

Secção II – Argumentação e educação em ciência

2.3 Acerca de alguns conceitos-chave

Parece-nos pertinente esclarecer o significado que os conceitos de argumentação, argumentação científica, argumento, explicação e discussão assumem no contexto deste trabalho, partindo de noções veiculadas em publicações que se têm debruçado sobre a temática da argumentação e da argumentação na educação em ciência. Esta necessidade decorre, essencialmente, da natureza polissémica daqueles conceitos. Já constatámos, ao longo da apresentação de algumas teorias de argumentação, que as concepções acerca do que é argumentação e argumento não são unânimes e variam consoante a conceptualização teórica que estivermos a considerar. Assim, na atualidade, a estes conceitos são atribuídos diferentes significados (McDonald, & McRobbie, 2012; S-TEAM, 2010), ainda que algumas das perspetivas teóricas consideradas partilhem concepções aproximadas.

De acordo com o Dicionário de Língua Portuguesa Contemporânea (Academia das Ciências de Lisboa, 2001), o termo argumentação tem origem latina – *argumentatio* – e corresponde à “ação, resultado ou sistema de argumentar, de expor um conjunto de razões, fundamentos ou argumentos para provar uma tese, defender uma opinião, fundamentar uma crítica...” ou, ainda, “conjunto de argumentos, de razões e provas ligadas entre si, para se chegar a uma conclusão ou para a justificar” (p. 334). Assim, o conceito de argumentação contém uma ênfase na apresentação de razões e provas que justificam uma determinada posição, opinião ou tese. Esta concepção enquadra a argumentação numa perspetiva de exposição de razões substantivas que justificam um dado enunciado ou afirmação. Neste sentido, a argumentação, enquanto processo de construção de um argumento e respetiva justificação, insere-se, segundo Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008), numa dimensão individual. Esta consiste, fundamentalmente, num qualquer item de discurso racional em que alguém propõe uma dada perspetiva sobre um determinado assunto. Contudo, na argumentação devemos ter, também, em conta uma perspetiva social, que se distingue pela disputa ou discussão entre indivíduos que sustentam posições diferentes em relação a um mesmo assunto. Assim, enquanto dimensão individual, a argumentação terá um propósito informativo, que segundo Ruiz,

Márquez e Tamayo (2012), tende a valorizar a dimensão estruturalista da argumentação, na qual o PAT desempenha um papel de particular importância; se considerarmos a perspectiva social ou funcional da argumentação, estaremos a enfatizar a sua dimensão dialógica, de acordo com os mesmos autores. No sentido dialógico ou social, a argumentação desenrola-se a um nível inter-psicológico contribuindo para o desenvolvimento de capacidades de pensamento de elevado nível, uma vez que o diálogo social é uma forma de exteriorizar estratégias de pensamento, que poderão ser consideradas como processos de argumentação interna. Vemos, aqui, algumas considerações que se podem ancorar no âmbito das teorias vygotskianas. Efetivamente, Vygotsky (2007) concede um lugar de destaque ao papel das interações sociais no desenvolvimento de capacidades de pensamento de elevado nível. Tal como referido por Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008), os diálogos que decorrem entre indivíduos num determinado contexto social, podem contribuir para uma reestruturação do pensamento. Vygotsky (2007) declara que as capacidades intelectuais desenvolvidas pelos sujeitos estão diretamente relacionadas com a forma como elas interagem com os outros, num contexto específico, que pode ser o da co-construção de um determinado argumento, sendo o conhecimento negociado inicialmente num nível interpessoal (correspondente à argumentação inter-psicológica), permitindo reestruturar o pensamento interno (correspondente à argumentação intra-psicológica). O desenvolvimento de processos cognitivos de elevado nível é, aliás, um dos possíveis elementos que contribuem para a relevância de um ensino das ciências orientado para o desenvolvimento da argumentação, como veremos adiante.

Em suma, consideramos que, de acordo com os autores anteriormente citados, há duas dimensões fundamentais na argumentação. Uma delas refere-se ao processo de justificação de enunciados científicos, recorrendo a provas ou evidências empíricas, teorizações e linhas de raciocínio, que permitem conduzir a uma dada conclusão; uma outra relaciona-se com a persuasão inerente ao discurso argumentativo, patente nos processos dialógicos, proporcionados em contextos sociais, como o da sala de aula.

Estas duas dimensões estão salientadas no esquema, representado na Figura 4, que identifica a argumentação como processo de produção de conhecimento, a par com a construção e comunicação do conhecimento.

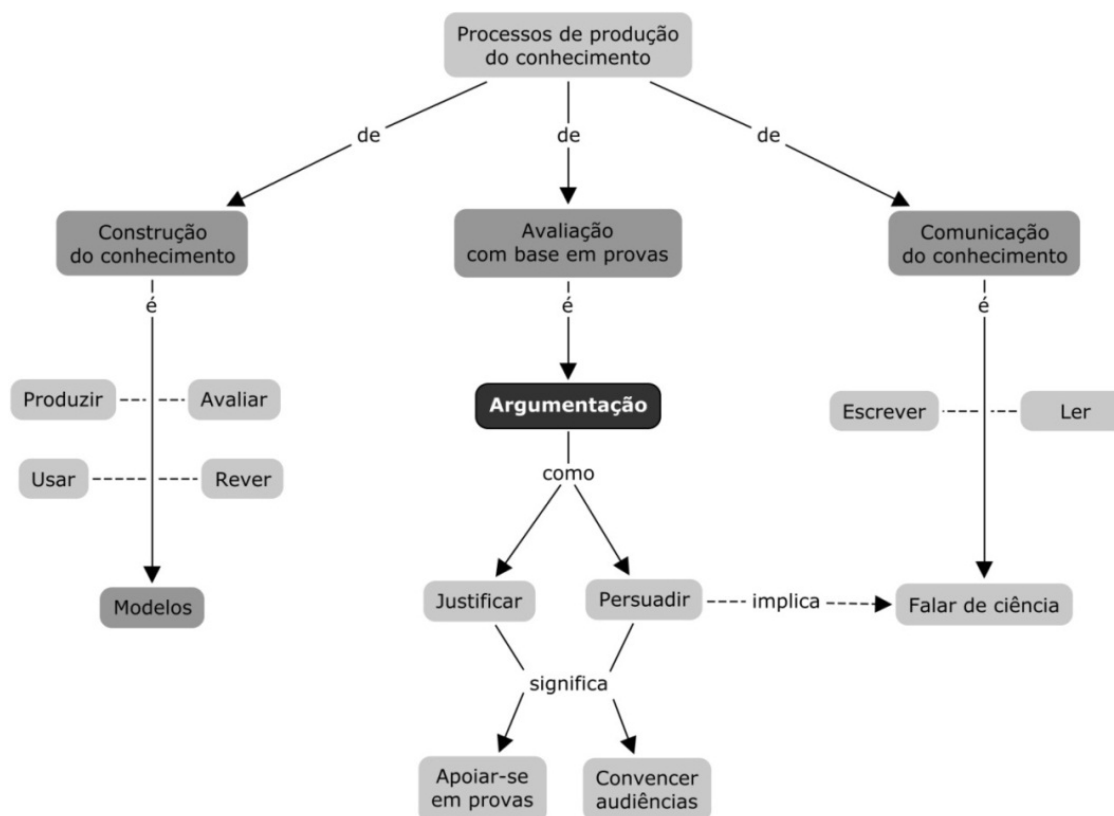


Figura 4 – Processos de produção de conhecimento científico e suas relações (Jiménez- Aleixandre, 2011)

A argumentação científica constitui-se como um caso particular no domínio da argumentação comum, em que as práticas discursivas incluem o uso de provas científicas e de alternativas explicativas de um determinado fenómeno, procurando-se, através dela, estabelecer a validade dos enunciados científicos (Driver, Newton, & Osborne, 2000). Também Jiménez-Aleixandre (2010) defende esta conceção de argumentação científica definindo-a como “um processo de avaliação de enunciados do conhecimento – por exemplo hipóteses, conclusões ou teorias – com base em provas disponíveis num dado momento” (p. 189). Entende-se, neste contexto, por provas científicas (ou evidências), as observações, factos, experiências ou razões que permitem apoiar (ou refutar) uma dada conclusão ou enunciado. Assim, as provas, as razões ou argumentos têm de estar fundamentados em conhecimentos científicos (Solbes, Ruiz, & Furió, 2010).

Segundo Sampson (2009), tal como a argumentação comum, também a argumentação científica pode ter uma dimensão individual, através do pensamento e da escrita, para além de uma dimensão social, que ocorre no interior de um grupo, como, por exemplo, entre os investigadores que trabalham no mesmo laboratório. Chion e

colaboradores (2005) especificam, com mais detalhe, o conceito de argumentação científica, atribuindo-lhe quatro componentes:

- teórica – a argumentação científica é um processo desenvolvido no âmbito de um determinado quadro teórico, que serve de referência ao processo explicativo;
- lógica – são utilizados diversos tipos de raciocínio (dedutivo, causal, etc.) que se formalizam em estruturas sintáticas complexas;
- retórica – há uma intenção de persuadir o interlocutor, com a finalidade de o convencer a alterar o *statu* de um determinado conhecimento e
- pragmática – o sentido de uma dada argumentação é-lhe atribuído em função do contexto em que ela é produzida.

Podendo considerar-se a argumentação como um processo de coordenação entre um determinado enunciado e as razões que o justificam ou suportam, para além de envolver “a resolução de diferenças de opinião, através de uma compreensão partilhada de conceitos complexos, persuadir os outros em disputas relacionadas com a ciência, usando estruturas linguísticas sofisticadas” (Bricker, & Bell, 2008, p. 495), podemos referir-nos ao argumento como correspondendo ao conteúdo substantivo que emerge do processo argumentativo. De acordo com Legrand (2002), argumento é “todo o raciocínio, esboçado ou desenvolvido, que tende a provar ou a refutar uma outra proposição” (p. 45). Um argumento, enquanto “produto, afirmação ou porção de discurso racional fundamentado” (Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008, p. 12), de uma argumentação, pode ser uma produção individual ou social. No primeiro caso, um indivíduo enquanto construtor do seu conhecimento, pode articular ideias ou pontos de vista, consigo próprio, pelo que se considera que desenvolve um raciocínio científico individual. Já numa situação de discussão, os argumentos podem ser co-construídos, podendo levar os indivíduos a reconstruir as relações entre enunciados e justificações. Há nesta dupla perspetiva uma relação evidente entre os processos de argumentação intra e interpsicológica, mencionados anteriormente.

Para além da clarificação sobre os conceitos de argumentação e argumento, importa, também, distinguir argumentação de discussão/conversa/diálogo/debate e de explicação. Alguns autores (Brookfield, & Preskill, 1999; Dillon, 1994) têm-se debruçado sobre a noção de discussão, procurando distingui-la de conversa, diálogo e debate. Contudo, não identificámos, de forma clara, uma distinção entre estes termos e argumentação.

A conversa é uma interação informal, pouco estruturada ou disciplinada, sem um objetivo claro, consistindo numa troca de pensamentos e sentimentos. Já o diálogo distingue-se da conversa por ser um pouco mais estruturado que esta, na qual os participantes se veem como colaboradores na resolução de um problema, sendo mais exploratório e questionador que a conversa (Brookfield, & Preskill, 1999). O debate envolve o confronto de duas ou mais fações que representam diferentes pontos de vista. Num debate, o propósito é o de tomar como mais válida ou vencedora uma das perspetivas defendidas por uma dada fação ou grupo (Dillon, 1994; Reis, 2008).

A discussão distingue-se das tipologias anteriores por envolver a multiplicidade de opiniões inerente à exploração de qualquer assunto complexo, sem confronto de fações, comum no debate. É um processo interativo em que diferentes indivíduos abordam um assunto de interesse comum, com a preocupação de desenvolver o conhecimento, a compreensão e julgamento dos que nela tomam parte (Brookfield, & Preskill, 1999; Dillon, 1994), estando, habitualmente, relacionada com os valores democráticos de participação cidadã. Há, de acordo com Brookfield e Preskill (1999), quatro grandes finalidades no processo de discussão: (1) fazer os participantes alcançar uma compreensão crítica informada sobre um, ou mais, tópicos; (2) aumentar a autoconsciência e a capacidade de autocrítica; (3) valorizar a diversidade de opiniões que emergem, entre os participantes, quando há abertura e honestidade para trocar diferentes pontos de vista; (4) atuar como catalisador de ações informadas dos cidadãos. Estas finalidades parecem-nos, contudo, semelhantes às dos processos argumentativos, em que se pretende que, os que neles se envolvem, desenvolvam perspetivas críticas e cientificamente informadas sobre os assuntos em análise. Daí que haja investigadores que, apesar de afirmarem existir diferenças subtis entre argumentação e discussão, assumam considerá-las como sinónimos, em determinados contextos (Newton, Driver, & Osborne, 1999). A argumentação, segundo estes autores, pode considerar-se como um tipo particular de discussão em que o foco se centra na resolução de uma controvérsia específica. Também Solomon (2001, citada em Duschl, & Osborne, 2002) abordou esta diferença, referindo que os participantes de uma discussão procuram ter em conta todas as diferentes perspetivas sobre um assunto enquanto a argumentação pressupõe a seleção de uma dessas perspetivas e a tentativa de anular ou refutar as restantes.

Uma outra posição, distinta da apresentada por Solomon, que consideramos significativa e subscrevemos, é a veiculada por Andriessen (2006), ao considerar que a argumentação colaborativa é uma forma de discussão ou debate no seio da comunidade científica:

a argumentação colaborativa desempenha um papel central em ciência; a ciência progride não pela acumulação de factos mas pelo debate e argumentação. Mesmo quando dois cientistas discordam, eles ainda compartilham valores comuns da ciência e ambos estão interessados em alcançar os mesmos objetivos. A argumentação em ciência não é opositiva e agressiva; é uma forma de discussão colaborativa (p. 443).

No contexto educativo, surge, frequentemente, uma forma de interação entre professor e alunos que é confundida com a discussão – a recitação (Dillon, 1994; Lemke, 1997; Osborne, 2007; Reis, 2008). Este processo interativo consiste na troca de falas entre professor e alunos, em que o primeiro enuncia uma pergunta, à qual o aluno responde, sendo a resposta alvo de uma avaliação, por parte do professor (Dillon, 1994; Lemke, 1997; Mortimer, & Scott, 2003). Neste processo, o aluno tenta adivinhar a resposta pré-determinada que o professor procura obter junto da turma, sendo emitidos juízos de valor de tipo ‘certo/errado’, em vez do uso de expressões do tipo ‘concordo/discordo’ (Dillon, 1994). No subcapítulo relativo aos aspetos de linguagem e comunicação, aprofundamos esta análise de caracterização dos padrões interativos predominantes em aulas de ciências.

Vamos, por fim, abordar a distinção entre explicação e argumentação. Esta diferenciação tem sido alvo de controvérsia, na comunidade de investigadores em didática das ciências, como se pode atestar pela leitura de dois artigos recentes publicados na revista *Science Education*. Nela foi apresentado um artigo de Berland e McNeill (2012) onde se efetua uma análise crítica a uma outra publicação, da autoria de Osborne e Patterson (2011). Segundo estes autores, há uma confusão recorrente na literatura em relação ao uso dos termos explicação e argumentação. A diferenciação entre estes dois conceitos, ainda que aparentemente subtil é, na opinião de Osborne e Patterson (2011), não só significativa como importante. Na perspetiva dos mesmos investigadores, a explicação é um processo frequentemente utilizado em ciência escolar, apresentando uma natureza causal, que se inicia com uma afirmação que é o alvo da explicação – *explanandum* – aludindo uma característica ou fenómeno a ser explicado e que é, habitualmente, apresentada sob forma de pergunta. Uma das características de uma

explicação, que Osborne e Patterson (2011) destacam, por oposição às de um argumento, é que naquele caso, o fenómeno a ser explicado não está em causa ou em dúvida, isto é, uma explicação consiste, na sua essência, na resposta a uma questão em que se utilizam entidades ou propriedades às quais se concede existência num processo causal, em que o conhecimento é apresentado de forma incontestável. Outros autores (Ogborn, Kress, Martins, & McGillicuddy, 1996) descreveram este processo conotando a explicação com uma história com diferentes protagonistas (como eletrões, genes, etc.) que têm os seus próprios poderes de ação. Assim, torna-se necessário explicar o que esses protagonistas fazem, o que lhes fazem e do que são feitos. A explicação surge como necessidade de aprofundar ou melhorar a compreensão acerca de um dado fenómeno, atribuindo-lhe significado a partir de outros factos científicos.

Para Osborne e Patterson (2011), a grande diferença entre explicação e argumentação é que, enquanto na primeira há uma preocupação clara pela compreensão do conjunto de ações que constituem um fenómeno, a segunda resulta da necessidade de justificação e articulação entre os dados (provas/evidências) e a explicação proposta. A natureza do argumento, ao contrário do que ocorre numa explicação, é tentativa. As explicações, por outro lado, constroem-se a partir de modelos e de representações da realidade, já aceites, contribuindo para a inteligibilidade dos fenómenos, enquanto os argumentos são elaborados a partir de provas ou garantias e são elas que permitem avaliar a validade de um enunciado. Nas explicações não há necessidade de persuadir ou de propor um novo enunciado de conhecimento, sendo a sua finalidade responder aos 'porquês'. Assim, segundo aqueles autores, no processo explicativo, as provas são dispensáveis pois a validade do conhecimento já está previamente determinada.

Osborne e Patterson (2011) consideram que as explicações científicas procuram responder a três questões, de natureza distinta: (1) o que sabemos (questão ontológica); (2) o que ocorre ou acontece (questão causal) e (3) como sabemos (questão epistémica). É neste última tipologia de questões que se podem enquadrar os argumentos. No entanto, os autores defendem que as explicações, em particular as que decorrem em contexto de educação formal, se cingem às questões de natureza ontológica e causal, ignorando as de natureza epistémica, pelo que há a necessidade de clarificar a distinção entre explicação e argumentação.

Em síntese, a diferença entre explicação e argumentação reside, na perspectiva de Osborne e Patterson (2011), na função epistémica. A explicação procura clarificar, gerar um sentimento crescente de compreensão de um fenómeno, enquanto num argumento está patente a justificação de um enunciado de conhecimento, com a finalidade de persuadir um auditório.

Berland e McNeill (2012), ainda que considerem que explicação e argumentação apresentam diferentes objetivos, preferem salientar a coocorrência dos dois processos na produção de conhecimento. Para aquelas duas investigadoras, a explicação e a argumentação são práticas científicas complementares que se aliam nos processos de construção do conhecimento. As autoras consideram a construção de conhecimento implica duas ações distintas mas que se entrecruzam: a construção de significados (*sense-making*) e a persuasão (Berland, & McNeill, 2012; Berland, & Reiser, 2009, 2011). Na primeira, os indivíduos desenvolvem uma compreensão do fenómeno e na segunda destaca-se a necessidade de convencimento dos pares acerca da qualidade da explicação, com uso de provas. Desta forma, a ação de construção de significados está alinhada com o que Osborne e Patterson (2011) categorizam como explicação e a de persuasão mais relacionada com o processo de argumentação. Da sinergia resultante destas duas dimensões, as autoras propõem o conceito de explicação científica como produto resultante da combinação entre explicação e argumentação. Na sua opinião, se enfatizarmos as diferenças entre estes dois processos, as práticas podem tornar-se isoladas, o que pode levar à elaboração de explicações sem argumentos. Por outro lado, em contexto educativo, as autoras alertam para o risco de os professores poderem atuar de forma algorítmica, se considerarem as práticas separadas: numa fase inicial, questionariam os alunos para a construção da explicação; numa segunda fase, envolveriam os alunos num processo argumentativo sobre as suas explicações, que contribuiria para a não integração destas práticas científicas fundamentais na construção do conhecimento científico.

Em síntese, Berland e McNeill (2012) pretendem enfatizar as sinergias e semelhanças entre explicação e argumentação, ainda que concordem que se trata de práticas científicas distintas mas que em contextos educativos devem surgir como uma só. As autoras aceitam esta unificação dos dois processos, nas práticas de ensino e de aprendizagem, por

considerarem que estas não têm que replicar necessariamente as definições filosóficas das práticas científicas.

Ainda que concordemos com a sinergia entre explicação e argumentação e o papel complementar que ambas desempenham na construção do conhecimento, somos de opinião que a não clarificação, em termos educativos, do que as une e distingue é um elemento que pode contribuir para confundir os docentes. Na realidade, as práticas de ensino e aprendizagem na educação científica formal resumem-se, na maioria das situações, ao que Schwab (1962) designou como uma retórica de conclusões. Os professores transmitem o produto final da ciência e ignoram os processos de construção do conhecimento, pelo que há uma maior propensão a utilizarem as explicações em sala de aula, com ausência quase absoluta do uso de provas que permitem ajuizar acerca da validade do conhecimento transmitido. Daí que os comentários críticos que Osborne e Patterson (2012) dirigem ao artigo de Berland e McNeill (2012) nos pareçam pertinentes. Neste último artigo crítico, Osborne e Patterson (2012), afirmam não concordar com a perspectiva de explicação científica defendida pelas autoras, tal como discordam que haja sobreposição entre explicação e argumentação. Para além destas considerações, os dois investigadores asseveram o valor educacional de separar o ato de construir uma explicação, do ato de argumentar, ainda que confirmem a existência de confusão entre estes conceitos em documentos curriculares e de avaliação. Nas suas palavras,

Uma vez que um aluno possa distinguir entre os atos epistémicos de argumentar e explicar, então é mais fácil estabelecer laços entre as atividades e transferir esse entendimento para novos contextos. Contudo, será difícil para um aluno estabelecer estas distinções se (a) elas não estiverem claras na mente no seu/sua professor(a); (b) tais características não forem explicitamente apontadas (Osborne, & Patterson, 2012, p. 815).

Em resumo, afirmamos que nos revemos nas ideias defendidas por Osborne e Patterson (2011), considerando a necessidade de distinguir aqueles dois tipos de práticas epistémicas, ainda que estejamos conscientes da sua complementaridade.

2.4 A argumentação na promoção da literacia científica

Ao longo das últimas cinco décadas, muito se tem discutido e dissertado acerca do conceito de literacia científica, sem que se consiga encontrar uma definição consensual ou universal. Há quem lhe atribua um papel orientador na educação, imputando-lhe a função

de “*slogan* utilizado pelos educadores para orientar o desenvolvimento curricular e a prática na sala de aula” (Aikenhead, 2009, p. 19), sem, contudo, menosprezar a sua relevância e papel na orientação a nível do desenho de currículos e nas práticas pedagógicas.

Recentemente, Roberts (2007, 2011) avançou com uma proposta acerca do conceito de literacia científica, atribuindo-lhe duas conotações concorrentes que designou de *Visão I* e *Visão II*. Estas visões corporizam um dos focos de conflito ou tensão entre fações que procuram, por um lado, centrar a educação em ciência nos seus aspetos disciplinares internos e outros que defendem uma compreensão do empreendimento científico mais holística, enfatizando as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, contribuindo para o desenvolvimento de uma conceção de ciência nos alunos, enquanto empreendimento humano influenciado pelo meio exterior.

A *Visão I* é conotada com uma conceção ortodoxa de ciência, sendo considerados literatos os cidadãos que possuam conhecimentos dos produtos, dos processos e que saibam identificar características do empreendimento científico. Esta visão dá prioridade à dimensão substantiva e processual da ciência, nela se valorizando, essencialmente, o conhecimento científico canónico. Segundo Roberts (2011), esta visão acerca da literacia científica, que o autor denomina de ‘literacia em ciência’, pretende desenvolver nos indivíduos um conjunto de aptidões ou capacidades que assentam em quatro pilares: (1) estrutura da ciência, acerca de como ela funciona enquanto empreendimento intelectual; (2) desenvolvimento de capacidades científicas, em que se dá ênfase às capacidades processuais da ciência; (3) explicações corretas, acentuando-se os produtos da ciência e as suas qualidades cumulativas e de autocorreção e (4) alicerces sólidos, com a finalidade de permitir novas e mais complexas aprendizagens ao longo do percurso académico.

A *Visão II* distingue-se da anterior pela dimensão externalista que atribui à ciência. Um cidadão cientificamente literato, nesta visão, é capaz de refletir, negociar, tomar decisões de forma consciente, responsável e fundamentada sobre assuntos ou questões que, para além de conhecimento científico, envolvem outras dimensões (moral, ética, política, social, religiosa). Segundo esta visão, a formação científica permitirá que os indivíduos se apercebam da complexidade dos assuntos científicos, semelhantes aos problemas com que se defrontarão enquanto cidadãos e cuja resolução não está meramente dependente da apropriação prévia de conhecimento substantivo ou

processual. Assumindo esta visão uma perspectiva de cidadania ativa e responsável, outra expressão tem surgido na tentativa de vincar uma atitude mais proactiva e de ação no domínio das políticas públicas e sociais de ciência, por parte dos cidadãos literatos: “envolvimento público com a ciência” (Osborne, 2004). Aikenhead (2009) leva-nos a refletir sobre esta visão de literacia científica, questionando o seguinte:

Até que ponto é que os estudantes portugueses funcionarão bem na sua própria sociedade caracterizada por avanços científicos e tecnológicos, tais como os de organismos geneticamente modificados, a procura global da energia, o projeto do genoma humano, a produção de órgãos, Ritalin para os jovens, Viagra para os velhos e Prozac para todos? Por outras palavras, como se pode capacitar (*empower*) os estudantes para obterem um controlo responsável sobre os seus próprios destinos e lidarem com os aspetos científicos e tecnológicos da sua sociedade? (pp. 19-20).

Assim, de acordo com a *Visão II*, os alunos devem ser preparados para viver numa sociedade democrática, pelo que precisam de contactar com questões cuja resolução exige a análise e discussão de várias perspetivas sobre as quais é necessário argumentar para, em seguida, deliberar. Para os investigadores que defendem esta conceção de literacia científica, em que nos revemos, não basta que os alunos aprendam conhecimentos substantivos e desenvolvam competências ou atitudes consistentes com a compreensão pública de ciência. É necessário que os alunos percebam a relevância das aprendizagens realizadas e que lhes atribuam significado, como refere Aikenhead (2009), “A literacia científica apela a um currículo científico relevante, do ponto de vista dos cidadãos” (p. 27). Este autor, publicou recentemente um trabalho em colaboração com outros dois investigadores – Orpwood e Fensham – no qual valoriza o conhecimento enquanto ação social contextualizada, isto é, considera que o conhecimento apropriado pelos alunos deve sê-lo com a finalidade de promover uma literacia em ação (*literacy-in-action*). Esta necessidade imperiosa de alterar os currículos de ciências e os processos de ensino necessários para fomentar uma ação científica informada e interventiva decorre, segundo os mesmos autores, de vivermos numa economia baseada no conhecimento (*knowledge-based-economy*). Assim, numa sociedade do conhecimento, o significado fundamental de literacia científica dever ser o de literacia em ação:

A literacia científica numa Sociedade do Conhecimento é necessariamente literacia em ação – literacia em ação oral, escrita e digital. Consequentemente, a literacia científica como uma finalidade educacional assume uma conotação mais ativa do que passiva. A literacia científica não é sobre ‘Quanto é que sabemos?’, mas antes ‘O que se pode aprender quando surge a necessidade?’ e ‘Como efetivamente se podem usar as aprendizagens para lidar com situações que envolvem a ciência e

tecnologia relacionadas com o mundo do trabalho ou com o mundo quotidiano dos cidadãos?’. A mudança no resultado – de ‘saber que’ para ‘saber como aprender e usar este conteúdo relevante’ – representará uma mudança radical nas políticas curriculares da ciência escolar (Aikenhead, Orpwood, & Fensham, 2011, p.31).

Neste sentido, torna-se evidente que estes autores apoiam tendencialmente a *Visão II*, de literacia científica, ao sugerirem que a ciência escolar se deve afastar da perspetiva científica tradicional sustentada pela *Visão I*. Esta não pressupõe todas as oportunidades de aprendizagem que se preveem na *Visão II* (Roberts, 2011), por se limitar a uma conceção mais restrita do conhecimento substantivo e processual. Já a *Visão II* oferece uma combinação de conhecimentos teóricos, tecnológicos e práticos e uma perspetiva externalista na análise de situações relacionadas com a ciência e a tecnologia, mais propiciadora de uma formação científica relevante para o exercício pleno de uma cidadania ativa e crítica. Nesta conceção, parece ressaltar a posição da ‘educação pela ciência’ como a que mais se adequa ao desenvolvimento de uma literacia científica que capacite os alunos para argumentarem na defesa de determinadas posições, de forma fundamentada, quando colocados perante problemas complexos, como os de natureza sociocientífica. Daí que o recurso a uma abordagem problemática dos assuntos nos pareça apropriada para a finalidade pretendida.

Para além de fomentarem o envolvimento dos alunos na co-construção dos conhecimentos, a utilização de problemas ou questões atuais ou relevantes “suscita o interesse e a participação ativa dos alunos, no desenvolvimento das competências necessárias à resolução dessas situações problemáticas, e promove a construção de uma ideia mais humana dos empreendimentos científico e tecnológico” (Galvão, & Reis, 2008, p. 131). As ideias em torno desta dimensão humanista da ciência são, segundo alguns autores (Aikenhead, 2009; Zeidler, Osborne, Erduran, Simon, & Monk, 2003), contributos fundamentais para que cidadãos cientificamente literatos se sintam legitimados a participar em processos de tomada de decisão (Lave, & Wenger, 1991). A abordagem de problemáticas sociais em sala de aula tem sido defendida como adequada aos propósitos antes referidos (Reis, & Galvão, 2008, 2009; Zeidler et al., 2003). Na procura de uma solução para os problemas sociocientíficos, os indivíduos são levados a mobilizar discursos dialógicos, de natureza deliberativa, nos quais têm de raciocinar, criticar e justificar, ou seja, têm de argumentar (Zeidler et al., 2003) e de construir explicações.

Efetivamente, a sociedade humana enfrenta situações, por vezes, dilemáticas que envolvem questões sociocientíficas (Simmoneaux, 2008; Reis, 2008). Podemos considerar, neste âmbito, questões relacionadas com a exploração da energia nuclear, da queima de resíduos por coíncineração, da ocupação de terrenos agrícolas para o cultivo de produtos geneticamente modificados, da reprodução medicamente assistida, controlo de epidemias, entre outros. Quando confrontados com este tipo de problemáticas, os cidadãos nem sempre estão à altura de responder aos desafios que lhes são colocados, nomeadamente de as analisar de um ponto de vista crítico e cientificamente fundamentado, de forma a poderem exercer os seus direitos, que simultaneamente podemos considerar como deveres, de participar de forma ativa e responsável na sociedade democrática que integram. Parece-nos que, nestas e em outras circunstâncias, a mobilização de competências de argumentação se torna fundamental.

Para a tomada de decisões, particularmente em situações (socio)científicas controversas, é necessária uma avaliação crítica e fundamentada das opções que se nos oferecem, pelo que perceber o porquê das posições assumidas e saber avaliá-las é essencial. Assim, a discussão ou debate de diferentes perspetivas, com apresentação de argumentos e contra-argumentos, deve assumir um papel de grande relevância, tal como referem Solbes, Ruiz e Furió (2010),

Muitas das questões ambientais, médicas ou económicas que as sociedades enfrentam implicam relações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) (Aikenhead, 1994; Solbes, 2003) e requerem dos cidadãos a análise de diferentes argumentos e a tomada de decisões em função da racionalidade de diferentes opções que se apresentam (Sadler e outros, 2005). A aquisição de capacidades argumentativas é ainda mais necessária no caso em que existam posturas controversas sobre um tema que implique diferentes valorizações éticas (Solbes, 2009), quer dizer, no caso de temas controversos na sociedade atual (pp. 65-66).

Paralelamente à consciencialização da necessidade de aprender a argumentar ou de argumentar para aprender a lidar com aquele tipo de situações, foi-se constatando que os alunos (e os professores) possuíam visões deformadas sobre a ciência e a sua natureza (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz, & Praia, 2002), que se podem constituir como obstáculos a uma aprendizagem efetiva dos alunos e a uma alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos.

A abordagem à argumentação em aulas de ciências, pode assumir não só a vertente de pendor sociocientífico mas, também, com um carácter meramente científico, com

exploração de diferentes possibilidades de explicação de um dado fenómeno ou de controvérsia em torno de teorias, como já abordámos anteriormente e é salientado neste excerto, por Caamaño (2010):

É útil diferenciar estes dois tipos de argumentação na escola, a que poderíamos chamar a *argumentação para a educação científica*, peça fundamental do processo de compreensão dos conceitos e teorias e da natureza da ciência, e a que poderíamos chamar *argumentação para a educação cidadã*, quer dizer, a argumentação sobre temas sociocientíficos, ambientais, de saúde ou éticos, de carácter mais transversal e interdisciplinar (p. 6, *itálicos no original*).

É hoje inegável, a importância da argumentação no ensino das ciências, ainda que com dois ângulos diferenciados e processos de legitimação diferentes (Tiberghien, 2008). O despoletar de questões sociais que exigem dos cidadãos, tomadas de decisão responsáveis e cientificamente fundamentadas, uma das finalidades da literacia científica (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002), veio reforçar a necessidade do desenvolvimento da argumentação, no âmbito da ciência escolar. Paralelamente, surge também a necessidade de adequar as concepções dos alunos acerca da ciência, valorizando o papel das provas na avaliação de modelos, teorias ou hipóteses na construção do conhecimento e a consciencialização de que em ciência não há verdades absolutas e que mais do que a experimentação ou a observação, é, também, no campo da argumentação que a empresa científica se edifica. Ambas as vertentes nos parecem fundamentais para uma reconceptualização, por parte dos alunos, da importância da aprendizagem das ciências: uma reforçando a perspetiva de cidadania crítica, responsável e emancipadora (*argumentação para a educação cidadã*); a outra, contribuindo para desmistificar a natureza do conhecimento científico e os seus processos de produção (*argumentação para a educação científica*). No fundo, podemos afirmar que a argumentação em aulas de ciências contribui de forma ativa para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos, favorecendo o desenvolvimento de competências científicas. Esta deve ser uma das razões pelas quais alguns programas de avaliação da literacia científica dos alunos têm vindo a apontar a argumentação como uma das valências a analisar no domínio das competências científicas desenvolvidas pelos alunos.

O programa PISA é um projeto desenvolvido pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico), desde 1997, que tem por objetivo avaliar a literacia, em diferentes domínios – leitura, matemática e ciências - dos alunos de 15 anos,

de países de diferentes partes do mundo (mínimo de 41 países participantes, em 2003 e um máximo de 65 países participantes, em 2009 e 2012). O programa pretende “medir até que ponto os alunos de 15 anos, que se encontram próximos do final da escolaridade obrigatória, estão preparados para enfrentar os desafios das sociedades de conhecimento atuais” (OECD, 2005, p.20). No ano de 2006, foram constituídos quatro domínios da literacia científica, a avaliar: o contexto, o conhecimento, as competências e as atitudes (Pinto-Ferreira, Serrão, & Padinha, 2007). No primeiro destes domínios, pretendeu-se perceber se os alunos reconheciam situações do quotidiano que se relacionassem com a ciência e a tecnologia; no domínio do conhecimento, pretendeu-se perceber se os alunos tinham apropriado conhecimentos substantivos (conhecimento da ciência) e processuais (conhecimento acerca da ciência); no domínio das competências, a avaliação relacionou-se com a identificação de questões científicas, da explicação de fenómenos científicos e com a elaboração de conclusões a partir de dados; por fim, no último daqueles domínios, pretendeu-se analisar se os alunos apresentavam atitudes positivas face à ciência e se revelavam responsabilidade face, por exemplo, aos recursos naturais e ao ambiente.

A argumentação relaciona-se com as três competências científicas avaliadas através dos testes PISA. Desta forma, consideramos que os testes PISA valorizam este tipo de competências, considerando-as como essenciais na formação de cidadãos literatos, uma vez que avalia o uso de provas na avaliação de enunciados científicos.

Os resultados dos testes PISA, realizados em 2006, ano em que se destacou a avaliação da literacia no domínio da ciência, mostraram que os alunos portugueses atingiram melhores níveis de desempenho nas tarefas propostas, quando comparados com os das avaliações anteriores. Apesar disso, Portugal continua, de acordo com os resultados de 2012 (Ministério da Educação e Ciência, 2013) a apresentar resultados que se situam abaixo do desempenho médio dos alunos dos países participantes, o que pode ser indiciador de que há ainda um longo trajeto a efetuar em relação à qualidade do ensino das ciências, no nosso país. Quando se analisam os resultados referentes a cada uma das competências científicas consideradas no projeto PISA, constata-se que, os alunos portugueses conseguiram atingir os melhores níveis de desempenho, na competência “identificação de assuntos científicos”, que “abrange o reconhecimento de questões passíveis de serem investigadas cientificamente, em situações concretas, e a identificação de palavras-chave na procura de informação científica” (Pinto-Ferreira, Serrão, & Padinha,

2007, p. 35). No entanto, foi na ‘utilização de evidência científica’ que os alunos portugueses obtiveram os piores resultados, em relação à avaliação das três competências, o que nos dá autoridade para inferir que será uma das menos desenvolvidas pelos alunos, nas aulas de ciências, reforçando a noção de que o ensino e as aprendizagens científicas se baseiam numa retórica de conclusões.

Em síntese, ainda que o contexto da presente investigação se centre no ensino e aprendizagem das ciências no ensino secundário, orientado para o prosseguimento dos estudos e, desta forma, com currículos mais tendencialmente preocupados com as aprendizagens de conhecimento substantivo, continuamos a defender que a *visão II* de literacia científica deveria ser o cerne do desenvolvimento curricular para aquele nível de ensino. Efetivamente, a *visão II* contempla uma noção de ciência humanista, externalista, na qual ressaltam os contextos de justificação e de comunicação na produção da ciência, o que permite, por um lado, desenvolver nos alunos uma imagem mais adequada acerca da natureza da ciência, na qual a argumentação desempenha um papel supremo na determinação da validade do conhecimento científico e, por outro, não descurar o ensino e aprendizagem dos conhecimentos substantivos, bem como o desenvolvimento de competências científicas (Pedrinaci, 2012). Esta perspetiva holística de literacia científica possibilitará, de forma mais vinculada, o desenvolvimento da argumentação para a educação científica e da argumentação para a educação cidadã (Caamaño, 2010), não nos parecendo que estas duas dimensões da argumentação escolar sejam mutuamente exclusivas. Como refere Osborne (2012), a educação científica tem a responsabilidade de promover ideias acerca do trabalho científico, ou seja, de favorecer a construção de ideias sobre os processos de produção do conhecimento e de contribuir para a apropriação de conhecimento substantivo, elemento essencial para que os futuros cidadãos possam emitir juízos sobre novas descobertas e aplicações científicas. A avaliação no âmbito do programa PISA tem dado relevo às competências de argumentação científica. Os resultados, relativamente a Portugal, têm revelado alunos com desempenhos fracos quanto ao uso de provas para sustentar conclusões, indiciando que o ensino das ciências continua muito centrado na transmissão do produto da ciência e afastado da problematização, discussão e argumentação sobre assuntos científicos.

2.5 A importância da argumentação no contexto do ensino e da aprendizagem das ciências

O papel que a argumentação desempenha na promoção da literacia científica dos alunos é uma das razões que tem vindo a ser apontada como justificativa para a sua inclusão nos currículos escolares de todos os níveis de ensino. Vários autores têm vindo a referir diferentes aspetos, para além dos já focados, que contribuem para a relevância de práticas de argumentação, no ensino das ciências (Archila, 2013; Caamaño, 2010; Jiménez-Aleixandre, 2010; Mork, 2005; Osborne, Erduran, & Simon, 2004). Em Jiménez-Aleixandre, & Erduran (2008), encontramos uma síntese desses aspetos complementares, acerca da importância do ensino e aprendizagem da argumentação científica (Figura 5).

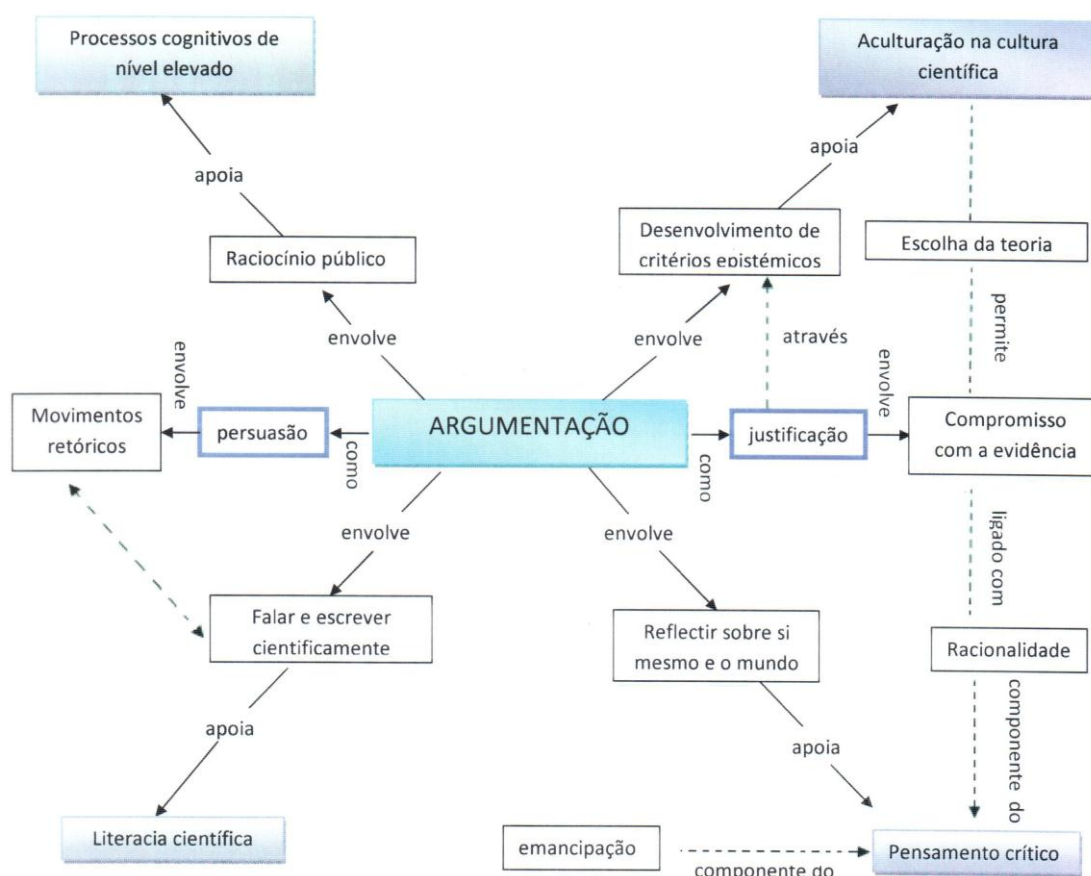


Figura 5 – Contributos da argumentação para a educação científica (Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008)

De acordo com as autoras referidas, a argumentação contribui para a educação científica dos alunos ao:

(1) promover o desenvolvimento de processos (meta)cognitivos através de participação em comunidades de aprendizagem;

(2) promover o desenvolvimento de competências de comunicação e de pensamento crítico;

(3) favorecer o envolvimento em práticas de cultura científica e de desenvolvimento de conhecimento epistemológico;

(4) incentivar o desenvolvimento da racionalidade científica e,

(5) promover a literacia científica, através do incentivo à utilização da linguagem científica oral e escrita.

Vamos analisar, ainda que brevemente, cada um destes possíveis contributos:

(1) Se os alunos atuarem como participantes legítimos de uma comunidade de aprendizagem (Lave, & Wenger, 1991), então esta pode constituir-se como uma estrutura que sustenta e favorece o desenvolvimento de capacidades cognitivas de elevado nível. Através destas comunidades, os alunos utilizam a linguagem para exteriorizarem o seu pensamento, tornando os seus processos cognitivos públicos. No processo de argumentação, serão solicitados a apresentar provas que suportem as suas afirmações e a avaliar outras alternativas possíveis. A argumentação no seio de uma comunidade de aprendizagem favorecerá, desta forma, a emergência de reflexões interiorizadas que contribuirão para o desenvolvimento de processos metacognitivos;

(2) Uma perspectiva emancipadora da educação (Freire, 2009), contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico, em que os indivíduos têm capacidade para desenvolver opiniões próprias e independentes, é fundamental para uma ação mais interventiva na sociedade (Jiménez-Aleixandre, & Puig, 2012; Miri, David, & Uri, 2007). Segundo Freire (2009), “O educador e a educadora críticos não podem pensar que, a partir do curso que coordenam ou do seminário que lideram, podem transformar o país. Mas podem demonstrar que é possível mudar” (p. 112). Um professor cujas práticas exijam a mobilização da argumentação promove uma reflexão nos alunos sobre si mesmos e o mundo. Ao partilhar e confrontar as suas perspetivas com as de outros é favorecido o desenvolvimento do pensamento crítico. É o que ocorre em contextos de aprendizagem que envolvem quer questões de natureza científica, quer questões sociais. Nestes

contextos, pretende-se fomentar o exercício da cidadania e a educação dos cidadãos enquanto pensadores críticos, comprometendo-os com o respeito para com a evidência, mas também para com a racionalidade crítica, a capacidade de reflexão. Os alunos poderão, ainda, consciencializar-se de que têm poder de influenciar a resolução de problemáticas sociais que podem ser relevantes para si e para o mundo (Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008) e que podem ter uma voz sobre o desenrolar das vias de investigação para as quais são canalizados dinheiros públicos;

(3) A avaliação de conhecimento com base em provas é uma das práticas científicas necessárias para o avanço do conhecimento científico. Nesta perspetiva, devem ser promovidas situações de discussão sobre critérios epistémicos que permitam validar (ou não) esse conhecimento. Assim, ao trabalhar a argumentação nas aulas, os professores estão a desenvolver a capacidade de uso de provas, promovendo a produção de conhecimentos, a sua avaliação e comunicação, processos associados às práticas científicas (Jiménez-Aleixandre, 2010). Os alunos podem, desta forma, participar de práticas epistémicas, enquanto “práticas cognitivas e discursivas envolvidas na elaboração e avaliação de conhecimento”(Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008, p. 9), o que contribui para desenvolver uma imagem mais atual e adequada em relação à natureza da ciência;

(4) A racionalidade científica pode ser vista como um comprometimento para com a evidência e, simultaneamente, como componente do pensamento crítico. Pode, portanto, ser considerada na perspetiva da decisão racional de estabelecimento de critérios epistémicos que leve os alunos a considerar determinadas provas como essenciais, no momento de escolha de uma dada teoria/hipótese/explicação, em detrimento de outras (Jiménez-Aleixandre, & Puig, 2012);

(5) A linguagem tem um papel central em ciência (Lemke, 1997; Pedrinaci, 2012; Sutton, 1992; Wellington, & Osborne, 2001). Os cientistas comunicam entre si, através de textos (considerados aqui na sua forma oral ou escrita), pelo que aprender a falar e a escrever, utilizando linguagem científica, é essencial no ensino e aprendizagem das ciências. Todos os autores referidos consideram o discurso oral e a escrita científica como práticas sociais na produção do conhecimento científico. Ao implementar atividades que apelem à mobilização de competências argumentativas, o professor promove a utilização da linguagem científica nos seus alunos. Através da argumentação, os alunos são levados à construção de textos, em que a persuasão e a retórica podem estar presentes, o que

permite perceber um outro contexto no processo argumentativo, para além do da justificação de enunciados.

Para além dos diferentes aspetos mencionados, outro tem vindo a ser focado em documentos internacionais: o papel que a argumentação desempenha no contexto da aprendizagem ao longo da vida. Segundo o relatório da S-Team (2010), uma das principais funções do sistema educativo é proporcionar ferramentas aos alunos que lhes permitam continuar a aprender, após a conclusão da vida académica, e a desenvolver-se pessoal e profissionalmente. Para tal, as competências de argumentação são fundamentais pois “são necessárias tanto para compreender como para participar do discurso” (S-Team, 2010, p. 5), exercendo influência no sucesso dos percursos profissionais, permitindo que um indivíduo possa trabalhar eficazmente, comunicar razoavelmente e que possa levar uma vida intelectual ativa (S-Team, 2010).

No final desta secção, pode permitir-se pensar que defendemos a argumentação científica como a solução de todos os problemas de ensino e aprendizagem das ciências. No entanto, fazemos nossas as palavras de Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) ao salientarem que

Antes concebemos a argumentação, por um lado, como solução para alguns dos problemas de aprendizagem, na medida em que ajuda os alunos a aprender coisas que são difíceis de aprender, exceto através da argumentação (por exemplo, a avaliação de provas) e, por outro lado, como tendo o potencial de nos ajudar a compreender melhor os processos de aprendizagem na aula de ciências (Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008, p. 12).

Assim, ainda que não possa, por si só, eliminar os problemas da educação científica formal que têm vindo a ser identificados ao longo de décadas de investigação, o ensino e a aprendizagem da argumentação científica pode constituir-se como um passo em frente para desenvolver as competências científicas dos alunos e, porque não dizê-lo, dos próprios professores.

2.6 Argumentação, linguagem e comunicação em aulas de ciências

Argumentar é, por inerência, uma atividade que envolve a utilização da linguagem (Jiménez-Aleixandre, 2010) ou, como referem Rigotti e Morasso (2009), é uma componente essencial da nossa linguagem, quando pretendemos, simultaneamente,

compreender e mudar a realidade. Considera-se, por isso, que sem se apropriar uma determinada linguagem, dificilmente se conseguirá argumentar, ou seja, comunicar ideias. Em seguida, vamos discutir alguns aspetos relativos à linguagem e comunicação em aulas de ciências e sua relação com o ensino e aprendizagem da argumentação científica.

2.6.1 Argumentação e linguagem na educação em ciência

A linguagem é um instrumento mediador essencial no ensino e aprendizagem de qualquer área do conhecimento e, portanto, também, das ciências (Sanmartí, 2002). Como referem Wellington e Osborne (2001), a linguagem interessa à ciência, devendo os professores dedicar-lhe mais atenção se pretenderem melhorar a qualidade da educação científica. Assim, aprender a linguagem da ciência é uma parte fundamental do aprender ciência e, por inerência, do aprender a argumentar cientificamente. Pedrinaci (2012) reforça estas ideias ao afirmar que

A linguagem é o instrumento básico de comunicação e, ainda que seja somente por esta razão, o seu conhecimento e a competência no seu uso têm uma indubitável influência na aprendizagem de qualquer disciplina e as ciências não constituem uma exceção (p. 147).

Assim, não é, de todo, surpreendente que vários investigadores venham a reclamar, ao longo das últimas três décadas, a necessidade de atribuir à linguagem científica, no contexto de ensino e aprendizagem das ciências, o estatuto que lhe é devido, considerando que frequentemente é ignorada pelos professores (Wellington, & Osborne, 2001). Estes e outros investigadores, como Lemke (1997) e Pedrinaci (2012), consideram que a aprendizagem das ciências é, sobretudo, a aprendizagem do domínio da sua linguagem, pelo que os professores de ciências podem ser comparados a professores de línguas estrangeiras. Isto sucede porque, na opinião dos mesmos autores, aprender ciência é, também, aprender a lidar com uma nova forma de linguagem, com as suas características particulares, que permitem distingui-la da linguagem coloquial.

A linguagem científica é fundamental uma vez que é através dela que os cientistas comunicam entre si, produzem relatórios, artigos, livros, planos de investigação, trocam ideias e opiniões, recolhem e interpretam dados, redigem conclusões ou preparam o trabalho realizado para o submeterem ao escrutínio dos seus pares (Garcia-Mila, & Andersen, 2008; Hodson, 2009). Como refere Carlsen (2007),

A linguagem é central em ciência. É o meio através do qual são construídas e desafiados enunciados, métodos empíricos e dados são registados, e a história da investigação é revelada. A linguagem não é somente um veículo para transmitir informação científica; a história da ciência revela que as analogias, por exemplo, são um recurso conceptual poderoso para a descoberta e compreensão científicas (p. 67).

A linguagem é, nesta perspectiva, constitutiva da própria ciência, considerando que sem ela o conhecimento não existiria. Este papel da linguagem na construção da ciência é salientado por Jiménez-Aleixandre (2010), referindo que “a linguagem e a comunicação jogam um papel importante no trabalho científico. Os resultados das investigações devem ser interpretados, quer dizer narrados de outra forma, antes de passar a ser considerados pela comunidade como parte do conhecimento científico” (p. 141).

Numa perspectiva sociocultural, o uso da linguagem é, também, essencial no desenvolvimento conceptual de um indivíduo (Vygotsky, 2007). Para este psicólogo e cientista social, o pensamento e a linguagem, ainda que tenham raízes genéticas diferentes, são processos interdependentes. A aquisição da linguagem favorece o desenvolvimento das “funções mentais superiores, dá forma definida ao pensamento, possibilita o aparecimento da imaginação, o uso da memória e o planeamento da ação” (Brites, & Cássia, 2012, p. 181).

Diversas investigações realizadas no domínio da educação em ciência têm revelado que a linguagem constitui uma das maiores barreiras à aprendizagem (Hodson, 2009; Wellington, & Osborne, 2001). Uma das maiores dificuldades na aprendizagem do saber ler, escrever e falar ciência (Lemke, 1997; Pedrinaci, 2012) pode estar relacionado com o facto de a linguagem científica se enquadrar no contexto do que Bakhtin (1986), filósofo da linguagem, designa de géneros de linguagem ou de discurso. Segundo o pensador:

Todas as diversas áreas de atividade humana envolvem o uso da linguagem. Compreensivelmente, a natureza e as formas do seu uso são tão diversas quanto o são as áreas de atividade humana. Isto, certamente, não contraria a unidade nacional da linguagem. A linguagem é realizada na forma de elocuções individuais concretas (orais e escritas) pelos participantes nas várias áreas da atividade humana. Estas elocuções refletem as condições específicas e objetivos de cada área não só através do seu conteúdo (temático) e estilo linguístico, isto é, a seleção de recursos lexicais, fraseológicos e gramaticais da linguagem mas, acima de tudo, através da sua estrutura composicional. Todos estes três aspetos – conteúdo temático, estilo e estrutura composicional – estão inseparavelmente relacionados com o *conjunto* de expressões e são igualmente determinadas pela natureza específica da esfera particular da comunicação. Cada elocução separada é individual, obviamente, mas cada esfera na qual a linguagem é usada desenvolve os seus próprios *tipos relativamente estáveis*

destas elocuções. A estes podemos chamar de *géneros de discurso* (Bakhtin, 1986, p. 60, itálico no original).

A linguagem científica enquadra um conjunto de especificidades que se traduzem, no dizer de Bakhtin (1986), em tipos relativamente estáveis de elocuções. Segundo Hodson (2009), estes géneros de discurso materializam-se em modos característicos de expressão de pertença de determinados grupos sociais, através do uso de uma dada linguagem social, outro conceito que veio a ser desenvolvido por Bakhtin. Uma linguagem social é “um discurso peculiar para um estrato específico da sociedade (profissional, grupo etário, etc.), num dado sistema social, num determinado momento” (Holquist, 1981, citado em Mortimer, & Scott, 2003, p. 13). Assim, aprender ciência, segundo Mortimer e Scott (2003), envolve aprender a linguagem social da ciência.

As diferenças entre as linguagens sociais e os géneros de discurso do quotidiano e da ciência podem fazer emergir tensões culturais e sociais na sala de aula considerando que “as práticas discursivas incorporam e pressupõem crenças particulares, valores e identidade sociopolítica” (Hodson, 2009, p. 252). De acordo com este investigador, podem-se gerar conflitos, na sala de aula de ciências, entre a cultura escolar dominante e a subcultura marginalizada, de forma consciente ou inconsciente. Assim, a linguagem científica, enquanto, linguagem social constitui-se, no contexto escolar, como uma forma de poder da classe dominante que reconhece as normas ou o código usado na transmissão do discurso oficial (Bernstein, 1990) da ciência em relação a grupos cuja subcultura se afasta dos padrões veiculados pelo discurso característico da escola.

Hodson (2009) defende que o uso de linguagem coloquial que os alunos trazem para a escola tem características que a distanciam da linguagem da ciência. Contudo, aquele autor apela ao uso inicial de uma linguagem coloquial, familiar ou humanizada para aproximar os alunos da linguagem formal usada em ciência. Lemke (1997) afirma que este formalismo está associado ao carácter autoritário patente no discurso ou linguagem científica, levando a que muitos alunos rejeitem as disciplinas científicas. Assim, o uso de uma linguagem da ciência mais humanizada é uma forma de apoiar as aprendizagens dos alunos, ao estabelecer uma relação entre a ciência e o quotidiano (Hodson, 2009). Ainda que nem sempre a utilização desta linguagem humanizada seja possível, considerando a complexidade e a distância do real de muitas das estruturas conceptuais utilizadas em ciências, como a Física ou Biologia, Hodson (2009) estipula dois pontos fundamentais na relação entre aprendizagem dos alunos e linguagem científica: (1) Os alunos

compreendem melhor os conceitos se estes forem expressos em linguagem familiar ou humanizada; (2) uma compreensão conceptual segura ajuda a sustentar a apropriação do formalismo da linguagem científica.

Como já referimos, a linguagem científica é, contudo, diferente da coloquial, constituindo-se como uma linguagem social (Wertsch, 1991), apresentando especificidades que a tornam única, sendo uma linguagem nova, para os alunos. É uma ferramenta que contempla os termos próprios utilizados pela comunidade científica para comunicar entre si e com a sociedade, mas também as figuras, esquemas, gráficos, equações, diagramas, imagens, para além “das estruturas retóricas (silogismos, analogias e metáforas...) e de género (descrição, justificação, argumentação, elaboração de relatórios...) que são diferentes das linguagens do quotidiano” (Sanmartí, 2002, p. 141).

Para Sutton (1992, 1996, 2003), a linguagem científica assume diferentes funções na construção do conhecimento: por um lado, a linguagem surge como um sistema interpretativo (*language as an interpretative system*), sendo usada para gerar novos entendimentos ou saberes científicos; por outro, a linguagem pode ser considerada como um sistema de etiquetagem (*language as a labelling system*), cuja finalidade se relaciona com a transmissão do produto da ciência, ou seja, de informação já aceite e estabelecida pela comunidade científica. É esta última função da linguagem que mais facilmente o senso comum associa à ciência, uma vez que é a mais saliente no contexto educativo, onde o conhecimento científico é, frequentemente, assumido como uma quase certeza e em que abundam termos e conceitos a aprender.

A linguagem enquanto sistema interpretativo ocorre numa fase inicial de estudo de um assunto científico, quando ainda persiste uma fluidez de ideias, sendo utilizada como instrumento de pensamento ativo e flexível. Segundo Sutton (1996, 2003), essa fluidez de pensamento é detetada através de expressões como “Eu penso que...” ou “Parece-me que...”. Nesta situação, a linguagem assume uma natureza analógica ou metafórica, com carácter figurativo ou interpretativo, sendo, inicialmente, imprecisa e tentativa, uma vez que se pretende construir diferentes formas de captar uma mesma ideia. Remete-nos para uma dimensão persuasiva, característica do discurso científico argumentativo, quando um investigador pretende convencer os seus interlocutores acerca de um dado ponto de vista e de que certas provas são importantes. Porém, a função interpretativa da linguagem vai, ao longo do tempo, dando lugar ao surgimento de um sistema de etiquetagem.

Esta função de etiquetagem, aproxima a linguagem de uma concepção de ciência de cariz positivista e demarca-a enquanto linguagem social. Para Sutton (2003), nesta fase todos os conflitos mentais para compreender um fenómeno são esquecidos e a explicação surge como descrição literal de factos simples. Assim, a linguagem utilizada é despersonalizada e independente da voz que verbaliza a mensagem, aparentemente é direta e literal, clara e precisa e é mobilizada com a finalidade de transmitir conhecimento: descrever, relatar e informar (Sutton, 1996).

Mais recentemente, Carlsen (2007), acrescentou uma terceira função à linguagem científica, para além das já mencionadas: a de se constituir como ferramenta na participação em comunidades de prática. De acordo com aquele autor, esta função da linguagem científica permite destacar a vertente de aprendizagem como realização social, uma dimensão fundamental no domínio da teoria sociohistórico-cultural desenvolvida por Vygotsky (2007). Na Tabela 1, encontra-se uma caracterização das três funções principais da linguagem científica, segundo Carlsen (2007), englobando as duas funções descritas por Sutton (1996, 1998).

Tabela 1

Perspetivas sobre o papel da linguagem em ciência e no ensino das ciências (Adaptado de Carlsen, 2007)

CARACTERÍSTICAS	PAPEL DA LINGUAGEM		
	Um sistema de transmissão de informação (Sutton, 1998)	Um sistema interpretativo para dar sentido à experiência (Sutton, 1998)	Uma ferramenta para participar em comunidades de prática
O que orador ou escritor aparentemente fazem	Descrever, contar, relatar	Persuadir, sugerir, explorar, imaginar	Contribuir para a solução de um problema partilhado
O que os ouvintes ou leitores aparentemente fazem	Receber, anotar, acumular	Dar sentido aos significados de outros	Contribuir para a solução de um problema partilhado
Como funciona a linguagem na aprendizagem	Transmissão clara de professor para aluno	Manifestação de ideias pelo aluno; importância do discurso do aluno	Obtenção de uma compreensão partilhada. Aprendizagem e linguagem como realizações sociais.
Como a linguagem é pensada para funcionar na descoberta científica	Encontramos um facto, etiquetamo-lo, e relatamo-lo aos outros. As palavras adquirem significado.	A seleção de palavras influencia a forma como nós e os outros vemos as coisas: destacando algumas características e ignorando outras.	A linguagem é usada para persuadir e a 'descoberta' é construída apenas retrospectivamente.

Para procurar enfatizar a importância funcional da linguagem ao permitir a participação de cientistas em comunidades de prática, Carlsen (2007) afirma:

A ciência formal é muito mais que o Cientista A convencer o Cientista B de que X é verdadeiro. A concepção do Cientista A é quase sempre o produto do vasto trabalho numa comunidade local de prática (como um grupo de laboratório) e a definição proposta X pode ali ter emergido de uma complexa interação de experiências, inscrições, traduções, conversas, argumentos, conversas informais, comentários de pares fora do grupo, treino metodológico, novas experiências, etc. (...) É na expectativa e prática de argumentação pública que a ciência progride. O conflito não é só permitido, é necessário (p. 68).

Esta posição do autor vem assim, dar destaque à natureza sociocultural do conhecimento em ciência e à importância da linguagem enquanto ferramenta constitutiva do processo argumentativo, pois sem ela não seria possível a produção dos argumentos necessários à discussão e sem a partilha de entendimentos a ciência não podia evoluir.

Para apropriarem a linguagem da ciência, os alunos devem ter oportunidade de usar, através da escrita e do diálogo (Jones, 2000; Lemke, 1997; Wellington, & Osborne, 2001), tal como se requer para a aprendizagem de uma língua estrangeira que não se domina. No ensino das ciências, é de primordial importância levar os alunos a envolverem-se em atividades que impliquem o uso de linguagem científica. Como refere Lemke (1997), “Como aprendemos a falar este idioma? Aprendemos mais ou menos da mesma maneira como aprendemos qualquer outro idioma: praticando-o com as pessoas que o dominam e empregando-o nas mais diversas situações em que se utiliza” (p. 17).

Para que as dificuldades apontadas à apropriação e mobilização da linguagem científica possam ser minimizadas, os professores devem desenhar estratégias de aprendizagem que impliquem os alunos na leitura, interpretação e escrita de textos de natureza científica e devem promover a discussão dos significados das palavras utilizadas. Frequentemente, algumas das atividades de sala de aula, acabam por ter pouco interesse pedagógico, pois resumem-se a levar os alunos a copiar algumas frases que são escritas no quadro, ou que fazem parte de um *slideshow*, sem que haja uma intervenção mais ativa deles no processo de construção de outros materiais escritos. A produção de um texto escrito é considerada uma atividade complexa que requer o desenvolvimento de capacidades de pensamento (Vygostky, 2007), desempenhando também um papel na promoção da metacognição (Jones, 2000).

Muitos dos termos utilizados pela ciência são totalmente estranhos para os alunos, enquanto outros, ainda que sendo do seu conhecimento, apresentam um significado diferente no contexto científico (por exemplo, força, energia, trabalho, falha, digestão). Aprender ciência implica aprender a utilizar palavras que têm significados muito específicos e que são partilhados pela comunidade científica. Estes significados devem ser negociados no seio do grupo-turma, pois é útil pensar nas palavras, não como tendo um significado unívoco mas, antes, possuindo significados potenciais, dando, assim, espaço para uma interpretação individual, em função do contexto em que elas são utilizadas. Assim,

Como parte da aprendizagem em ciência é importante para os alunos explorarem as suas visões e as dos outros para desenvolverem a sua linguagem científica e o pensamento autónomo. Para lá chegarmos é necessário dar oportunidades aos alunos para praticar competências sociais de comunicação e colaboração (Wellington, & Osborne, 2001, p. 39).

Numa abordagem sociocultural da aprendizagem, as palavras adquirem o seu significado em ação (Vygotsky, 2007). É através da negociação pública dos significados que os alunos vão construindo, moldando e apropriando a linguagem da ciência, atribuindo-lhe sentido. Como refere Lemke (1997),

É errado dizer, como muitas vezes as pessoas fazem, que algo tem significado, como se o significado fosse parte da sua própria natureza. Uma palavra, um diagrama ou um gesto não têm significado. Um significado tem que ser elaborado ou construído por alguém, de acordo com uma série de convenções para dar sentido a essas palavras, diagramas ou gestos. (...) Qualquer pessoa pode elaborar diferentes significados sobre algo, dependendo das circunstâncias e da sua experiência prévia” (pp. 198-199).

É durante este processo de negociação que se desenvolve uma intertextualidade, isto é, que os alunos reconstróem significados de conceitos anteriormente apropriados e dão primazia à função interpretativa da linguagem que, segundo Sutton (1998), permite o desenvolvimento da semântica dos termos científicos e sobre a qual se devem centrar os processos de ensino e de aprendizagem. Um dos maiores desafios para os professores é criar condições que facilitem o estabelecimento de intersubjetividade entre os alunos, e entre eles e os alunos, que facilitem a apropriação de conhecimentos científicos e a mobilização e desenvolvimento de competências que promovam a utilização da linguagem científica, contribuindo para a formação de cidadãos cientificamente literatos. Citando Wellington e Osborne (2001), consideramos que os significados em ciência não são

peçoais, mas antes interpessoais, o que enfatiza a ideia de que é na partilha de significados que a aprendizagem da linguagem (e, por inerência, da ciência) se concretiza.

Uma das formas possíveis para que os alunos negoceiem estes significados é, precisamente, através de processos de argumentação científica. Os alunos aprendem a utilizar a linguagem científica, oralmente ou por escrito, organizando e sistematizando as suas ideias e sustentando-as em provas (Jiménez-Aleixandre, 2010). Os professores, por vezes, propõem trabalhos em grupo em que deve ser produzido um documento escrito final, por exemplo, um relatório, no qual os alunos apresentam justificações, ou elementos que permitem tirar conclusões, podendo haver, co-construção de argumentos. Parece-nos evidente que o nível de argumentação desenvolvida pelos alunos dependerá do tipo de tarefas que sejam propostas pelo professor, bem como da prática que tenham neste tipo de atividades.

2.6.2 Argumentação e comunicação nas aulas de ciências

Habitualmente, não são dadas aos alunos muitas oportunidades para usarem e desenvolverem a linguagem científica, nas aulas de ciências, atendendo ao padrão interativo predominante, designado por padrão triádico I-R-A (Lemke, 1997; Mehan, 1979; Mortimer, & Scott, 2003). Este tipo de interação verbal caracteriza-se por uma iniciação (I) de uma interação, por parte do professor, que habitualmente interroga um determinado aluno, seguido da resposta do aluno (R) e culminando com a avaliação do professor (A) à resposta dada pelo aluno. Segundo Caamaño (2010), ainda que este tipo de interação possa ser útil em determinadas circunstâncias, impede discussões mais profundas em que poderiam ser confrontadas opiniões e ideias dos alunos e do professor, ou seja, em que a argumentação pudesse ser mobilizada:

Sem a possibilidade dos estudantes falarem entre eles, sem um espaço para debate e para a comunicação de ideias, é difícil poder aprender os conceitos e, por sua vez, compreender a natureza da ciência. Não há dúvida que a argumentação ajuda os alunos a clarificar as suas ideias (p. 5).

O padrão I-R-A é ainda um instrumento que reforça a autoridade e o poder do professor enquanto perito no conhecimento que ensina, estando frequentemente associado a aulas tradicionais em que o professor transmite a informação que os alunos devem apropriar, seguindo-se-lhe um período em que ele sente a necessidade de assegurar se o

conhecimento foi memorizado ou compreendido. Desta forma, como refere Kelly (2007), o professor deixa pouco espaço para a justificação, discussão e aos alunos são dadas poucas oportunidades para ‘falar ciência’ e usar a linguagem da ciência por si próprios, uma vez que há uma assimetria dos direitos conversacionais que favorecem o professor (Carlsen, 2007). Segundo este autor, o padrão I-R-A pode ser enquadrado num jogo de linguagem, na conceção usada por Wittgenstein, uma vez que se constitui como uma ferramenta cultural com a clara pretensão de controlar as interações em sala de aula. Para além deste tipo de padrão triádico comum nas aulas de ciências, diversos autores (Lemke, 1997; Mehan, 1979; Mortimer, & Scott, 2003) consideram a existência de discurso triádico alternativo no qual “em vez de fazer uma avaliação da resposta do aluno, o professor fornece ao aluno um *feedback* ou elabora sobre a resposta do aluno, o que apoia o aluno no desenvolvimento do seu próprio ponto de vista” (Mortimer, & Scott, 2003, p. 41). Este tipo de padrão é designado por I-R-F, correspondendo a uma iniciação por parte do professor, seguido de resposta do aluno e, por fim, uma intervenção do professor procurando sustentar a perspetiva do aluno, a que corresponderá a ação discursiva de *feedback*. Este tipo de padrão pode estender-se numa sucessão de interações em cadeia ou de sequências estendidas (Mehan, 1979), do tipo I-R-F-R-F-.... Este tipo de sequência interativa, distinto do característico I-R-A, permite que o professor e os alunos explorem ideias, se envolvam em atividades ou problemas autênticos (Jiménez-Aleixandre, 2008, 2010) e discutam pontos de vista distintos.

No quadro teórico que desenvolveram sobre a análise do discurso em sala de aula, Mortimer e Scott (2002, 2003), construíram o conceito de abordagem comunicativa que se refere à “perspetiva sobre o *como* o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio de diferentes intervenções pedagógicas que resultam em diferentes padrões de interação” (Mortimer, & Scott, 2002, p. 287). Para a caracterização da abordagem comunicativa, aqueles autores consideraram duas dimensões, baseadas nas noções de discurso autoritário ou internamente persuasivo, que foram desenvolvidas por Bakhtin e no dualismo funcional dos textos, introduzida por Yuri Lotman (Mortimer, Scott, & El-Hani, 2012): discurso dialógico ou de autoridade; discurso interativo ou não interativo. Da combinação destas dimensões foi possível identificar quatro classes de abordagem comunicativa: interativa e dialógica; interativa e de autoridade; não interativa

e dialógica; não interativa e de autoridade. Na Tabela 2, encontra-se uma caracterização sintética de cada uma das classes de abordagem comunicativa.

Tabela 2
As quatro classes de abordagem comunicativa (Mortimer, & Scott, 2002, 2003)

Sequência discursiva	De autoridade (A)	Dialógica (D)
Não interativa (NI)	NI/A É apresentado um ponto de vista específico	NI/D Uma só voz apresenta vários pontos de vista, realçando semelhanças e diferenças entre eles
Interativa (I)	I/A Através de uma sequência de perguntas e respostas, pretende-se alcançar um ponto de vista específico	I/D Há exploração de ideias, formulação de perguntas autênticas e são considerados diferentes pontos de vista

De entre as quatro classes, considera-se a dialógica e interativa como a que mais favorece a argumentação científica. A exploração de perguntas ou problemas autênticos, característica de contextos comunicacionais daquele tipo, permite envolver os alunos em práticas científicas como a argumentação. Isto advém do facto de essas perguntas ou problemas: (1) não possuírem uma solução imediata e óbvia; (2) serem contextualizados, apresentando situações familiares dos alunos, podendo, em alguns casos, tratar-se de problemas reais; (3) implicarem os alunos em processos de investigação para a sua resolução; (4) serem abertos, apresentando a capacidade de gerar várias soluções possíveis, ou, ainda, promoverem a possibilidade de percursos de investigação diversificados e que requeiram que os alunos utilizem dados para a elaboração de conclusões (Jiménez-Aleixandre, 2010; Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008; Jiménez-Aleixandre, & Puig, 2010). Estas atividades têm ainda a valência de centralizar o ensino das ciências em práticas de questionamento (Pedrosa, & Lopes, 2010), promotoras de um espírito de investigação, cerne da atividade científica, tal como defende Saniit (2000), ao afirmar que “vejo a ciência não como uma atividade *solucionadora* de problemas, mas como atividade *geradora* de problemas” (p. 33, *itálico no original*).

As práticas de questionamento de professores têm sido alvo de estudos nas últimas décadas (Almeida, 2007; Forbes, & Davis, 2009; Jesus, 1991; Jesus, Almeida, & Watts, 2004), a par com o investimento que tem sido feito em estudos sobre linguagem e comunicação na educação em ciência. Entende-se por questionamento a ação de interrogar e responder, num dado contexto social (Ferreira, 2010). As perguntas têm um

papel fundamental no desencadear da argumentação (Jiménez-Aleixandre, 2008), sendo o questionamento um dos aspetos da linguagem de sala de aula que os professores mais utilizam para comunicar (Jesus, 1991). Contudo, nem todas as perguntas servem aquele propósito. Efetivamente, uma pergunta que exija por parte do aluno uma resposta mecânica e uma mera reprodução de conhecimentos previamente transmitidos pelo professor, dificilmente fomentará trocas interativas entre interlocutores, que envolvam a avaliação de enunciados e a construção de argumentos. Daí que se deva ter especial cuidado na formulação de perguntas, particularmente, quando se pretende desenvolver determinado tipo de competências nos alunos, como as que se relacionam com a argumentação. Já em 1979, Edwin Susskind defendia que o nível de pensamento desenvolvido pelos alunos depende do padrão de questionamento do professor:

O padrão de questionamento do professor pode ser visto como uma subestrutura em torno da qual a aula é construída. Esta subestrutura determina muito do pensamento em que se envolvem os alunos. Qual é a complexidade destas perguntas do professor? Apela ao pensamento ou à memorização mecânica? Até que ponto são elas relevantes para as experiências ou emoções dos alunos? Encorajam a elaboração de hipóteses e a troca livre de ideias – ou, reciprocamente, o professor dispara de forma muito específica perguntas de memorização mecânica, num ritmo muito elevado, transmitindo que o seu objetivo principal é testar e avaliar os alunos? (Susskind, 1979, p. 101).

Também, Blosser (2000) e, mais recentemente, McNeill e Pimentel (2010) defendem a posição anterior, manifestando que a tipologia de perguntas que o professor utiliza em aula influencia o nível operativo do pensamento dos alunos. Desta forma, torna-se relevante que os professores tomem consciência da tipologia ou natureza das perguntas que dirigem aos alunos. Sem menosprezar a importância que as perguntas fechadas podem ter na apropriação de conhecimentos científicos, numa perspetiva mais tradicional de ensino e de aprendizagem, consideramos que as perguntas propostas pelo professor devem permitir o desenvolvimento de capacidades de pensamento de elevado nível, pelo que é aconselhável que surjam no contexto discursivo das aulas, perguntas de tipologias diversas.

São vários os sistemas de categorização de perguntas que foram sendo construídos ao longo dos anos (Vieira, & Vieira, 2005). Estes autores apresentam, na obra em referência, uma sistematização relativa à categorização de perguntas. Alguns dos sistemas de categorização fundamentam-se na taxonomia de objetivos de Bloom (1971), de acordo com o nível cognitivo exigido na construção das respostas e considerando os processos

mentais que subjazem à formulação das perguntas (Almeida, 2007). Com referência a Bloom (1971), passamos a apresentar uma breve descrição das principais categorias do domínio cognitivo (Domingos, Neves, & Galhardo, 1987), que se relacionam com a categorização usada, em diversos estudos, para classificar perguntas:

(1) memória/aquisição, se a pergunta exige uma resposta de carácter eminentemente informativo. As perguntas incluídas nesta categoria têm por finalidade a reprodução de conhecimentos previamente apreendidos, correspondendo a resposta à referência de termos, factos ou conceitos simples;

(2) compreensão, se, através da pergunta, se pretende perceber se a informação foi apreendida com significado pelos alunos;

(3) aplicação, se a pergunta exige a capacidade de utilizar conhecimentos apreendidos em novos contextos;

(4) análise, em que se exige a capacidade de desagregar/separar/decompor informação nas suas partes constitutivas para que a estrutura organizativa possa ser compreendida. Inclui a identificação de componentes, a análise das relações entre eles e o reconhecimento de princípios organizativos;

(5) síntese, consistindo na reunião de componentes, para formar um novo conjunto. Pode envolver a produção de uma comunicação, de um plano de ação (projeto de pesquisa) ou um conjunto de relações abstratas (esquema para classificar informação);

(6) avaliação, se a pergunta remete para a capacidade de julgar, devendo os juízos emitidos ser baseados em critérios que facilitem uma tomada de decisão, com base na avaliação de evidências.

Outros autores procuraram reunir algumas das categorias anteriores, como sucede com o sistema de categorias o desenvolvido por Falkof e Moss (1984, citada em Vieira, & Vieira, 2005), que associa conhecimento/compreensão e aplicação/análise do sistema de Bloom (1971). Assim, aqueles autores propõem um total de quatro categorias de perguntas: factual, interpretativa, criativa e avaliativa. Um dos sistemas mais comuns, por se basear em várias taxonomias (Vieira, & Vieira, 2005), é constituído por dois grupos de perguntas: as fechadas, quando se admite uma única ou um conjunto circunscrito de respostas “corretas”, apelando a capacidades de pensamento de baixo nível, relacionadas, sobretudo, com a memorização; as abertas, que pressupõem a existência de várias respostas aceitáveis, apelando a capacidades de pensamento de elevado nível. Enquanto

as perguntas fechadas desenvolvem, essencialmente, a reprodução de factos e o pensamento convergente, as abertas valorizam o pensamento divergente e avaliativo, conforme enfatiza Blosser (2000), na categorização que desenvolveu para classificar perguntas em aulas de ciências. Na Tabela 3, apresentamos uma síntese dos aspetos que caracterizam as categorias desenvolvidas por aquela autora, com base na descrição presente em Almeida (2007) e em Vieira e Vieira (2005).

Tabela 3
Tipologia, função e caracterização de perguntas, segundo a classificação de Blosser (2000).

Tipo de pergunta	Função da pergunta	Caracterização
Fechada	Memória-cognitiva	Requerem a reprodução de factos, princípios, leis ou de outro tipo de informação, previamente trabalhada em aula. Dividem-se em perguntas para relembrar ou para identificar, nomear e/ou observar.
	Pensamento convergente	Incitam à análise e integração de informação, conduzindo a uma resposta ou resultado esperado. A resposta é, habitualmente, curta, acessível e fácil de obter. Promovem o conhecimento básico e a compreensão de informação, sendo a base para desenvolver níveis de pensamento subsequentes.
Aberta	Pensamento divergente	Promovem a aplicação do que o aluno aprendeu, usando capacidades de pensamento crítico e criativo. O indivíduo pode gerar autonomamente as suas ideias, podendo surgir novas perspetivas de resposta. Implicam, também, a apresentação de opiniões a partir de informação disponível.
	Pensamento avaliativo	Requerem que se avalie algo, se façam escolhas. Exigem capacidades de pensamento mais elevadas como fazer inferências do tipo juízo de valor. O indivíduo é impelido a exprimir o seu ponto de vista, justificando-o e defendendo-o.

Das investigações que têm sido realizadas sobre o questionamento em sala de aula (Almeida, 2007; Chin, 2006; Ferreira, 2010; Forbes, & Davies, 2009; Jesus, 1987, 1991; Jesus, Almeida, & Watts, 2004; Lemke, 1997; Moreira, 2012; Souza, 2006) ressaltam conclusões que consideramos relevantes, por trazerem implicações para o (não) desenvolvimento de competências de argumentação. De entre elas, salientamos as seguintes:

(1) os professores utilizam o questionamento como a forma de discurso predominante nas aulas. Cerca de 70% a 80% do tempo de fala do professor é utilizado para questionar os alunos;

(2) as perguntas são uma técnica utilizada pelos professores para iniciar, ampliar e controlar o discurso nas aulas;

(3) o ritmo de colocação de perguntas, pelo professor, é elevado. Ainda que os valores médios obtidos em vários estudos não sejam idênticos, todos revelam o papel do professor enquanto questionador. Assim, há investigações que referem que os professores emitem 2 a 3 perguntas, por minuto, ou seja, um mínimo de 120 perguntas, por hora (Dillon, 1988; Jesus, 1987) e de 400, por dia. Outras apontam para valores, em média, mais baixos, referindo 69 perguntas, por hora (Susskind, 1979);

(4) há uma diferença significativa entre o número de perguntas colocadas pelo professor e pelos alunos. Estes podem chegar a colocar, em média, uma pergunta, por mês. O papel que está acometido aos alunos é, fundamentalmente, responder às perguntas do professor, sendo esta conceção reforçada pelo elevado ritmo de emissão de perguntas, responsável por uma atmosfera intelectual tensa nas aulas de ciências (Susskind, 1979);

(5) os professores utilizam preferencialmente perguntas de memória-cognitiva e de pensamento convergente para interagir com os alunos. Raramente são colocadas perguntas de pensamento divergente e, menos ainda, de pensamento avaliativo;

(6) o tempo de espera de resposta após uma pergunta do professor é muito baixo, podendo ser inferior a um segundo. Contudo, as investigações acima referidas têm demonstrado que se o tempo de espera for consideravelmente superior há maior probabilidade de os alunos apresentarem uma resposta à pergunta colocada pelo professor.

Como se depreende das conclusões gerais citadas, dificilmente as práticas de questionamento referidas contribuirão para o desenvolvimento da argumentação dos alunos, tendo em conta o elevado ritmo de perguntas colocadas e o baixo nível cognitivo nelas exigido, remetendo, na sua maioria para a reprodução de informação, no domínio da memória-cognitiva. Segundo Newton e colaboradores (1999), as perguntas dos professores não são genuínas, no sentido em que são fechadas, têm uma função avaliativa e servem o propósito de controlar o discurso nas aulas. Este tipo de perguntas não facilita a partilha de ideias diferentes ou a emergência de interações discursivas entre os alunos (McNeill, & Pimentel, 2010).

Como vimos anteriormente, são as perguntas ou problemas autênticos, de natureza contextualizada nas vivências dos alunos e de caráter aberto as que mais capacidades encerram para envolver os alunos na argumentação, através da mobilização do pensamento divergente e avaliativo. Um estudo realizado por McNeill e Pimentel (2010) permitiu identificar relações entre as perguntas abertas colocadas por professores e o incremento do discurso dos alunos, do uso de provas e de raciocínios para apoiar enunciados e de interações dialógicas entre alunos.

Para envolver os alunos em investigação a partir de problemas autênticos, consideramos que o currículo das disciplinas de ciências deve estar estruturado em torno de perguntas suficientemente abertas para permitir a realização desses percursos investigativos, que incentivam à mobilização da argumentação pelos alunos. Para além disso, parece-nos que um processo de consciencialização dos professores relativamente às potencialidades que os problemas autênticos e a argumentação científica encerram, relativamente à melhoria da qualidade das aprendizagens dos alunos, é fundamental.

2.7 A argumentação nos currículos portugueses da disciplina de Biologia e Geologia

A socialização dos alunos em práticas fundamentais na construção do conhecimento científico é uma das finalidades associadas à aprendizagem das ciências e prevista nos currículos de ciências portugueses. Além disso, essa socialização permite o envolvimento dos alunos conduzindo-os a um processo de aculturação científica, que possibilita que reconheçam como seus, os conhecimentos científicos aprendidos, ou seja, os apropriem.

O programa de Biologia e Geologia, do ensino secundário, apresenta uma introdução geral, na qual se referem as finalidades da disciplina, bem como a seleção e organização dos conteúdos. Nela, os autores inserem a disciplina no currículo do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, referindo-se ainda à gestão temporal, ao longo de um ano letivo, para cada uma das áreas disciplinares de conhecimento (componente de Biologia e componente de Geologia), bem como à carga horária semanal atribuída à mesma. Para além destas considerações relativas a aspetos organizacionais, na introdução geral podemos, ainda, encontrar as finalidades da disciplina. Os autores salientam que “Muitas das questões que afetam o futuro da civilização vão procurar respostas nos mais recentes desenvolvimentos da Biologia e da Geologia” (Amador et al.,

2001a, p.3), o que nos permite concluir que é sua pretensão abordar conteúdos atuais dos dois campos epistêmicos da ciência e que essa abordagem se deverá efetuar no sentido do estabelecimento de relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (CTS). Os autores referem, ainda, que o ensino e aprendizagem da Biologia e da Geologia deve contribuir para formar cidadãos mais informados, responsáveis e intervenientes, preparados para exercerem o seu papel numa democracia participada, através do desenvolvimento de uma literacia científica sólida que “auxilie a compreender o mundo em que vivemos, identificar os seus problemas e entender as possíveis soluções de uma forma fundamentada, sem procurar refúgio nas ideias feitas e nos preconceitos” (Amador et al., 2001a, pp. 3-4).

É na problemática do desenvolvimento de uma literacia científica sólida que se centra a segunda parte da introdução geral. Na sociedade ocidental atual, com tão grande dependência da ciência e da tecnologia, não basta que os alunos aprendam conhecimentos científicos. Estes devem conseguir mobilizá-los quando colocados perante contextos problemáticos, de forma a poderem tomar decisões responsáveis e fundamentadas, uma vez que a sociedade assim o exige. Assim, o programa não deve ser pensado e dirigido exclusivamente para alunos que possam seguir uma carreira profissional nestas áreas mas, também, para indivíduos a quem a sociedade exige, cada vez mais, uma participação crítica e interventiva na resolução de problemas baseados em informação e métodos científicos (Amador et al., 2001).

Para que os alunos se possam desenvolver, de acordo com esta perspetiva, os autores sublinham a necessidade de centrar os processos de ensino nos alunos, argumentando que não é apropriado associar o ensino das ciências unicamente à transmissão de conhecimentos. Sugere-se, portanto, que os professores devem procurar criar contextos de ensino e aprendizagem que sejam favoráveis à construção ativa do saber e do saber-fazer.

Atendendo a que as componentes de Biologia e Geologia se encontram separadas no próprio programa, não estando, nomeadamente, prevista, de forma explícita, qualquer interdisciplinaridade entre elas, iremos abordá-las, individualmente e de forma sumária, com menções à estrutura e organização do programa e tentando compreender de que forma a argumentação científica se encontra, ou não, expressa em cada uma delas.

A - Componente de Geologia

Esta componente encontra-se estruturada em torno de três secções: a introdução, a apresentação do programa de Geologia (10.º e 11.º anos) e o desenvolvimento do programa. Na secção de apresentação do programa, encontramos as finalidades, os objetivos, as competências a desenvolver, a visão geral do programa, as sugestões metodológicas gerais, a avaliação e os recursos. No desenvolvimento do programa está patente a organização geral do mesmo, uma visão geral dos temas, seguida da sua especificação em objetivos, conteúdos programáticos e nível de aprofundamento. Para cada tema é apresentada uma situação problema e uma carta de exploração dos diversos assuntos científicos a explorar com os alunos.

Em termos das finalidades do programa, os autores efetuam o seu enquadramento numa orientação construtivista da aprendizagem, valorizando os conhecimentos prévios dos alunos e procurando atribuir-lhes um papel central no processo de ensino. É sublinhada a importância das atividades de carácter experimental e/ou investigativo, bem como o papel central do professor como organizador e orientador das aprendizagens, nomeadamente, através do levantamento de problemas que permitam contextualizar as atividades práticas, procurando suscitar o interesse dos alunos. Entre outras finalidades, salienta-se, ainda, a necessidade de exploração, nas aulas, de aspetos relacionados com a natureza da ciência e da investigação científica.

Alguns dos objetivos do programa contemplam a interpretação de fenómenos naturais a partir de modelos científicos; o desenvolvimento de capacidades de seleção, de análise e de avaliação crítica de informações; o desenvolvimento de atitudes, de normas e de valores e fomentar a participação ativa em discussões e debates públicos que envolvam problemas relacionados com a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente, para além de se pretender que os alunos melhorem as capacidades de comunicação oral e escrita.

As competências a desenvolver perpassam a aquisição, compreensão e utilização de dados, conceitos, modelos e teorias; o desenvolvimento de destrezas cognitivas associadas à implementação de trabalho prático e a adoção de atitudes e valores relacionados com a responsabilidade individual na tomada de decisões fundamentadas, visando uma educação para a cidadania. Ainda que não esteja presente, de forma clara, a necessidade de envolver os alunos na argumentação científica, o programa refere que eles devem ser levados a fundamentar e/ou avaliar as suas posições, decisões ou enunciados

através de raciocínios indutivos ou dedutivos, utilizando a comunicação oral e escrita. Desta forma, consideramos que o programa valoriza, embora de forma implícita, o envolvimento dos alunos em atividades de argumentação.

A componente de Geologia encontra-se organizada por temas aos quais se associam conteúdos conceptuais, relativos ao conhecimento substantivo, conteúdos procedimentais, relacionados com os processos da ciência (problematizar e formular hipóteses, testar e validar ideias, planear e realizar investigações, entre outros) e conteúdos atitudinais, que

incluem a promoção de atitudes, normas e valores relativos à natureza da ciência e às suas implicações sociais, assim como as referentes às atividades e relações que se desenvolvem em ambiente escolar e em sociedade, abrangendo a educação para a cidadania. (Amador et al., 2001b, p. 10).

De entre os conteúdos atitudinais referidos no programa, alguns enquadram-se, também, na perspetiva de um ensino das ciências orientado para o desenvolvimento da argumentação como, por exemplo “Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista” (Amador et al., 2001b, p. 25). Este conteúdo atitudinal procura relacionar os processos de investigação científica com a necessidade de avaliar diferentes perspetivas sobre um determinado assunto científico sendo imprescindível a apresentação de provas que possam suportar determinadas posições (Zemba-Saul, 2009). É neste contexto que, aliás, o termo ‘argumento’ surge na componente de Geologia, uma única vez, quando numa sugestão metodológica relativa ao Módulo Inicial – “A Geologia, os geólogos e os seus métodos”, a propósito de vestígios da atividade dos dinossaúros se alerta para a necessidade de os professores chamarem a atenção dos alunos para o facto de os cientistas deverem manifestar abertura a diversas evidências e argumentos (Amador et al., 2001). Em nenhum outro local do programa de Geologia surgem os termos ‘argumento’ e ‘argumentação’.

B - Componente de Biologia

A organização do programa referente à componente de Biologia é semelhante à de Geologia. Na introdução referem-se, entre outros, alguns aspetos gerais relacionados com a necessidade de centrar o ensino e a aprendizagem em torno da natureza do conhecimento científico e de promover o grau de literacia biológica dos alunos. Este mesmo aspeto é retomado na secção das finalidades e objetivos, salientando-se a

importância da construção de um sólido conjunto de conhecimentos, paralelamente a um reforço das capacidades de abstração, experimentação, trabalho em equipa, ponderação e sentido de responsabilidade, bem como a interiorização de um sistema de valores e o desenvolvimento de atitudes que valorizem a responsabilidade individual e coletiva. Ainda que não tenhamos detetado qualquer menção ao ensinar ou aprender a argumentar nesta secção, ela surge-nos ao nível das competências a desenvolver, na qual os autores consideram o aprofundamento de capacidades de abstração e de raciocínio lógico e crítico, o desenvolvimento de atitudes de análise crítica e o reforço da expressão verbal, da fundamentação, da compreensão, entre outras. Todos estes termos nos remetem para competências de argumentação científica em que a capacidade crítica de análise dos argumentos próprios e dos outros é uma das valências que os alunos deverão desenvolver (S-Team, 2010).

Tal como na componente de Geologia, também aqui, os autores apresentam para cada unidade temática, um conjunto de conteúdos conceptuais, procedimentais e atitudinais, cuja articulação se prevê no texto do programa. É ao nível dos conteúdos procedimentais e atitudinais que inferimos sobre a relevância que os autores quiseram atribuir à argumentação científica. Efetivamente, podemos encontrar como conteúdos procedimentais, a análise e interpretação de dados de natureza diversa, a interpretação de procedimentos laboratoriais e experimentais ou, ainda, a formulação e avaliação de hipóteses. Todos estes conteúdos parecem sublinhar o papel de processos de análise crítica e de avaliação de conhecimento, que remetem para o uso da argumentação científica. Em termos dos conteúdos atitudinais, os autores referem a necessidade de refletir e desenvolver atitudes críticas, conducentes a tomadas de decisão fundamentadas ou, ainda, a construção de opiniões fundamentadas sobre diferentes perspetivas científicas e sociais. O termo ‘argumentação’, tal como na componente de Geologia, está ausente do texto do programa, ainda que os autores tenham usado, em quatro momentos, o termo ‘argumentos’, em referência às provas que sustentam o evolucionismo em oposição ao fixismo (na Unidade 7, do programa) e aos argumentos que foram sendo utilizados para apoiar diferentes sistemas de classificação de seres vivos.

Em termos de análise global, concluímos que as referências à argumentação científica estão patentes, ainda que de forma implícita, no programa da disciplina de Biologia e Geologia (10.º e 11.º anos), ao nível dos conteúdos procedimentais e atitudinais,

com exceção das referências anteriormente citadas na componente de Biologia. Esta menção implícita ocorre, também, em alguns currículos internacionais (S-Team, 2010), onde a argumentação se inclui nos processos de raciocínio científico, de pensamento crítico ou associada aos processos de comunicação, aos debates e discussões. Parece-nos, contudo, que seria pertinente que a referência ao uso e avaliação de provas e à necessidade de envolver os alunos na argumentação fosse inscrita nos currículos, de forma mais clara, para que a sua relevância na construção do conhecimento dos alunos fosse mais evidente para os professores.

2.8 O papel das tarefas, das atividades, dos alunos e do professor em aulas de ciências promotoras da argumentação

No contexto deste trabalho, consideramos tarefa, “um enunciado que convida um sujeito a desenvolver uma atividade mental e/ou manual tendo em vista a aprendizagem” (Lopes, 2004, p. 210). Segundo o mesmo autor, a tarefa consiste no trabalho proposto pelo professor para ser executado e que desencadeia e organiza a ação do aluno. A atividade é um elemento nuclear do processo de ensino relacionada com a concretização prática do trabalho escolar realizado em aula e que consiste em “caminhos ordenados e sequenciados que se realizam com os alunos para conseguir a aprendizagem” (Travé, & Cuenca, 2000, p. 71).

Os processos de ensino e de aprendizagem tradicionais, em que predomina a atividade de exposição, recorrendo, essencialmente, a um discurso monológico, em o aluno é visto como consumidor de conhecimento, não são propiciadores do desenvolvimento da argumentação. Segundo McDonald e Kelly (2012), um ambiente de aprendizagem que favorece a argumentação científica depende de fatores como a perspectiva que os alunos têm acerca do objetivo das tarefas que lhes são propostas, os objetivos pessoais e interpessoais dos participantes, a dinâmica do grupo, o auditório a quem os argumentos se dirigem, o conhecimento necessário e envolvido no processo de argumentação e as normas comunicacionais estabelecidas para falar, ouvir e interagir.

Em seguida, centramos a exposição em três eixos a considerar na construção de uma ecologia intelectual (Toulmin, citado em Jimenéz-Aleixandre, 2010), promotora do desenvolvimento de argumentação em aulas de ciências. A seleção desses eixos teve em

conta que a “ecologia [intelectual] compreende dimensões pedagógicas, como as estratégias dos professores; cognitivas, a forma como os alunos percebem o seu papel no processo de aprendizagem; comunicativas e sociais” (Jiménez-Aleixandre, 2010, p. 158). Assim, iremos focar-nos: (1) nas tarefas e tipologia das atividades e no papel que deve ser assumido (2) pelos alunos e (3) pelo professor em contextos educativos específicos de práticas de argumentação científica.

De acordo com Andriessen e Schwarz (2009), a argumentação científica raramente ocorre no contexto educativo formal e, quando tal sucede, é difícil sustentá-la durante um período de tempo razoável. Daí que haja a necessidade de construir, propositadamente para esse fim, tarefas em que seja expectável que os alunos se envolvam na argumentação. Aqueles investigadores propõem o conceito de ‘desenho argumentativo’ (*argumentative design*) para designarem “o desenho, pelo professor, investigador ou educador, de situações colaborativas em contextos educativos, nas quais os participantes assumam uma argumentação produtiva ou a exploração do espaço dialógico” (Andriessen, & Schwarz, 2009, p. 146). Para que esses contextos se tornem mais fecundos, os professores devem recorrer a assuntos com algum grau de discutibilidade (Chiaro, & Leitão, 2005; Mirza, Perret-Clermont, Tartas, & Iannaccone, 2009), pois dessa forma será incentivada a troca de pontos de vista entre os participantes.

Do que se acaba de expor, depreende-se que as tarefas cuja execução pressuponha uma resposta única aceitável, em que a probabilidade de se gerarem diferenças ou apresentarem interpretações teóricas alternativas seja (quase) nula, dificilmente serão impulsionadoras da argumentação científica. São tarefas fechadas, que exigem pouca reflexão, de cariz, essencialmente, reprodutivo de conhecimentos ou ilustrativo de princípios científicos, coerentes com um paradigma de ensino centrado no professor (Newton, Driver, & Osborne, 1999). Assim, as tarefas mais adequadas para os alunos se envolverem na argumentação científica devem: (1) ser motivadoras e estimular a discussão; (2) incluir dados ou fontes de informação que possam ser usadas como provas na construção e avaliação de argumentos; (3) possibilitar a emergência de posições alternativas; (4) prever uma solução não óbvia; (5) ser exequíveis para os professores (Simon, Richardson, & Amos, 2012). Outros autores, como Jiménez-Aleixandre (2010), destacam a necessidade dessas tarefas partirem de perguntas abertas que favoreçam e tornem explícito o uso de provas, como forma de justificar as explicações ou opções

tomadas, evitando estabelecer como válida uma simples opinião (Jiménez-Aleixandre, & Puig, 2012).

Têm sido várias as tipologias de atividades apontadas como fomentadoras da argumentação científica. Em seguida, fazemos referência às mais focadas em artigos que se debruçam sobre este campo de investigação (Andriessen, & Schwarz, 2009; Berland, & Reiser, 2010; Duschl, & Osborne, 2002; Jiménez-Aleixandre, 2008, 2010; Simon, & Richardson, 2009; Simon, Richardson, & Amos, 2012; Teixeira, 2005):

(1) Trabalho de investigação – destacam-se, em particular, aqueles que partem de perguntas abertas e autênticas, em que os alunos, trabalhando em pequenos grupos, têm que desenhar planos de investigação e/ou elaborar e testar hipóteses, construir protocolos experimentais, confrontar resultados e previsões, enunciar conclusões a partir de provas. Segundo Andriessen e Schwarz (2009), o diálogo, neste tipo de atividades, é necessário para resolver conflitos, uma vez que os alunos deverão alcançar consensos no processo de resolução de problemas em que se envolvem;

(2) Teorias concorrentes – apresentação de duas ou mais teorias explicativas de um determinado fenómeno natural, seguindo-se a análise e avaliação de provas que possam apoiar todas, uma ou nenhuma das perspetivas em discussão. Aos alunos é solicitado que tenham em conta as diferentes provas e que avaliem o seu papel e significado no contexto das teorias em análise;

(3) Prever-Observar-Explicar (POE) – neste tipo de atividade, os alunos são confrontados com uma questão ou problema relacionado com um determinado fenómeno natural, passível de reproduzir em laboratório ou no campo, sendo-lhes solicitado para efetuar previsões de resultados. Pretende-se que os alunos exponham as suas ideias acerca do fenómeno e que as suas previsões sejam analisadas e discutidas. A fase de argumentação decorre da necessidade de justificar as previsões avançadas pelos alunos. Os alunos deverão executar a experiência, observar e registar os resultados e reformular ou consolidar as suas ideias ao redigirem a explicação final do fenómeno observado. O ato de explicar mobiliza o raciocínio através do recurso a garantias e fundamentos, ao justificar o uso de provas na sustentação da conclusão;

(4) *Concept cartoon* – partindo de uma pergunta central que remete para um dado fenómeno natural relacionado com o quotidiano, é apresentada uma imagem que inclui a apresentação visual do fenómeno em causa e um número diversificado de

indivíduos expondo diferentes posicionamentos, aos quais se atribui estatuto idêntico, que pretendem explicar ou justificar esse acontecimento científico. Por norma, a explicação ou justificação cientificamente aceite é veiculada através de uma dessas ideias. A finalidade desta atividade é explorar concepções alternativas dos alunos e que eles possam argumentar acerca das várias ideias apresentadas, selecionando aquela com que mais se identificam e que, na sua perspetiva, permite explicar, de forma adequada, o acontecimento em análise (Naylor, Keogh, & Mitchell, 2000). Durante essa análise, o modelo cientificamente aceite deverá ser tendencialmente o selecionado pela turma, tendo em conta as provas que o sustentam.

Ainda que tenhamos dado particular destaque a algumas atividades, outras podem permitir o desenvolvimento da argumentação. Estão neste caso, a elaboração de mapas conceptuais, a realização de debates ou discussões orais em torno de questões ou assuntos de natureza sociocientífica ou a discussão de textos que apresentam argumentos contraditórios acerca de um dado tema científico. Nos diferentes tipos de atividades referidos há uma dimensão comum: o que se pretende é centrar nos alunos o processo de ensino, dando-lhes a oportunidade de explorar ideias, recolher e usar provas para apoiar essas ideias e levá-los a justificar as suas decisões. Daí que o papel que os alunos devem assumir em aulas fomentadoras da argumentação científica não se coaduna com a passividade que lhes é atribuída num contexto tradicional de ensino e de aprendizagem. De acordo com Jiménez-Aleixandre (2010), “isto significa que para desenvolver competências argumentativas, por exemplo relacionar uma conclusão com as provas que a sustentam, o seu papel na aula tem que solicitar essas competências. Não podem limitar-se a escutar e responder brevemente a perguntas fechadas” (p. 163).

Uma das finalidades da educação científica é a enculturação dos alunos em práticas epistémicas, isto é, que se apropriem de práticas que promovam a elaboração, a comunicação e a avaliação de conhecimento (Kelly, 2008). Segundo este autor, as práticas epistémicas correspondem a processos que uma dada comunidade utiliza para propor, justificar, avaliar e legitimar conhecimento no âmbito de uma dada área de conhecimento. Consideramos, assim, que permitir que os alunos desenvolvam práticas epistémicas é dar-lhes a oportunidade de construir uma nova visão acerca da natureza do conhecimento científico e do papel ativo que podem desempenhar enquanto construtores de saberes e

não somente a de meros consumidores de informação produzida por outros (Jiménez-Aleixandre, 2008, 2010).

A argumentação pode ser enquadrada nas práticas epistémicas por desempenhar um papel essencial na avaliação do conhecimento. E é nesta perspetiva que ela deve assumir um lugar central na aprendizagem das ciências pois

aprender ciências implica não só construir modelos conceptuais mas, também, desenvolver ou apropriar-se de práticas específicas do trabalho científico. Que práticas são essas? Não uma série de “passos” fixos do denominado método científico mas formas de trabalhar da comunidade científica (Jiménez-Aleixandre, 2010, p. 43).

A autora, na linha do já referido, associa as práticas do trabalho científico aos processos de produção, comunicação e avaliação do conhecimento, justapondo-as ao conceito de práticas epistémicas. De entre elas, dá particular ênfase à avaliação do conhecimento com base em provas disponíveis, que associa ao conceito de argumentação:

a aprendizagem das ciências inclui uma aprendizagem epistémica, em que uma característica essencial é a apropriação de critérios para a avaliação de saberes e dos métodos científicos. Noutros termos, os objetivos do ensino das ciências não são apenas a construção de conceitos, de abordagens experimentais ou de atitudes, mas igualmente a apropriação, pelos alunos, de critérios que tornam os conhecimentos aceitáveis pela comunidade científica e de processos de avaliação, operacionalizados por meio desses critérios, estando estes dois objetivos em relação com a natureza do conhecimento científico (Jiménez-Aleixandre, & Díaz, 2008, p. 43).

Têm surgido, nos últimos anos, vários trabalhos que têm procurado elencar as práticas epistémicas em que os alunos se envolvem durante as aulas de ciências, organizando-as em categorias (Araújo, 2008; Jiménez-Aleixandre, & Díaz, 2008; Jiménez-Aleixandre, Mortimer, Silva, & Díaz, 2008; Lima-Tavares, 2009; Silva, & Mortimer, 2009). O sistema de categorias desenvolvido por Lima-Tavares baseia-se, fundamentalmente, no trabalho de Araújo (2008), que partiu da proposta efetuada por Jiménez-Aleixandre e colaboradores (2008). Naquele sistema, as práticas epistémicas são agrupadas nas três práticas sociais relacionadas com o conhecimento, definidas por Kelly (2008): produção, comunicação e avaliação do conhecimento. Para cada uma destas práticas sociais, os autores citados desenvolveram um sistema de classificação (Lima-Tavares, 2009).

A fim de clarificarmos o significado atribuído a cada uma das práticas epistémicas, diretamente relacionadas com o papel a desempenhar pelos alunos nas aulas, apresentamos a caracterização das atividades sociais e as práticas a elas associadas,

conforme descritas no trabalho de Lima-Tavares (2009). Iniciamos essa clarificação pelas práticas associadas à produção de conhecimento (Tabela 4).

Tabela 4

Práticas epistêmicas relacionadas com a produção do conhecimento (adaptado de Lima-Tavares, 2009)

Produção do conhecimento	
Ações discursivas dos alunos, que contemplam desde a formulação do problema até à sua finalização, com a conclusão	
Problematizar	O aluno constrói um problema/questão relativa ao tema de estudo ou retoma um problema/questão proposta pela professora. Pode configurar-se como motivação para iniciar uma discussão.
Elaborar hipóteses	O aluno formula alternativas de resposta ao problema ou questão.
Planear uma investigação	O aluno traça estratégias para investigar e solucionar o problema/questão.
Construir dados	Ações discursivas do aluno quando envolvido no processo de construção ou de recolha de dados.
Utilizar conceitos para interpretar dados	O aluno mobiliza conceitos apropriados para interpretar os dados recolhidos.
Articular conhecimento observacional e conceptual	O aluno explicita diretamente a relação entre conceitos e observações (experiências, gráficos, tabelas, esquemas)
Lidar com situações anómalas ou problemáticas	O aluno depara-se com situações inesperadas ou lida com um problema novo, para o qual não consegue elaborar hipóteses, nem encontrar soluções.
Considerar diferentes fontes de dados	O aluno recorre a dados diferentes dos que estão a ser trabalhados no momento, para solucionar o problema em discussão.
Verificar a compreensão	O aluno retoma assunto já discutido previamente para constatar se a informação foi devidamente apropriada.
Concluir	O aluno finaliza um problema/questão proposta.

Como se depreende da leitura da tabela anterior, a maioria das práticas epistêmicas descritas contemplam processos relativos à investigação, como a problematização, a elaboração de hipóteses ou a interpretação de dados, entre outras. Em seguida, caracterizamos as práticas relacionadas com a comunicação do conhecimento (Tabela 5).

Tabela 5

Práticas epistêmicas relacionadas com a comunicação do conhecimento (adaptado de Lima-Tavares, 2009)

Comunicação do conhecimento	
Ações discursivas dos alunos, que contemplam a apresentação, pelos alunos, de conhecimentos da ciência ou das suas perspetivas sobre esses conhecimentos	
Apresentar ideias (opiniões) próprias	O aluno comunica uma opinião ou ideias suas.
Negociar explicações	O aluno negocia uma explicação plausível. Está, geralmente, associada à formalização de uma resposta final.
Usar linguagem representacional	O aluno recorre a simbologia ou linguagem representacional para divulgar as suas ideias.
Usar analogias e metáforas	O aluno utiliza analogias e metáforas nas suas explicações.

Por fim, segue a descrição das práticas relacionadas com a avaliação do conhecimento, que são consideradas as que mais diretamente apelam à mobilização da argumentação científica, enquanto processo de avaliação de enunciados científicos (Tabela 6).

Tabela 6

Práticas epistêmicas relacionadas com a avaliação do conhecimento (adaptado de Lima-Tavares, 2009)

Avaliação do conhecimento	
Ações discursivas dos alunos, que colocam em dúvida a validade de um conhecimento ou estendem o seu alcance ou se contrapõem a ele, ou o criticam, ou confrontam dados com teorias.	
Complementar ideias	O aluno complementa uma ideia anterior.
Contrapor ideias	O aluno discorda do que foi dito anteriormente e propõe uma ideia distinta.
Criticar outras declarações	O aluno critica, de forma explícita, algo que foi dito anteriormente ou apresenta e critica uma ideia. A crítica não determina uma discordância do que foi enunciado e se existir discordância, ela nem sempre é total.
Usar dados para avaliar teorias	O aluno coordena dados com enunciados teóricos.
Avaliar a consistência dos dados	O aluno verifica se os dados são coerentes com as teorias.

Alguns autores como Araújo (2008) têm afirmado a dificuldade em categorizar o papel desempenhado pelos alunos em aula, segundo as categorias apresentadas, pois na classificação anterior, algumas categorias podem sobrepor-se. Assim, a autora apercebeu-se que, com frequência, quando um aluno está a comunicar conhecimento, está, simultaneamente, a desenvolvê-lo ou a avaliá-lo. A identificação das categorias é facilitada em determinadas dinâmicas de aula. Assim, para Lima-Tavares (2009), em aulas em que os alunos se envolvem em atividades de investigação é mais imediata a identificação das práticas epistêmicas; por outro lado, em aulas mais expositivas, essas práticas são menos diferenciadas pelo que a sua identificação pode ficar mais comprometida.

Jiménez-Aleixandre (2008) refere que o contexto argumentativo exige que os alunos desempenhem vários dos seguintes papéis, que podemos vincular às práticas epistêmicas descritas anteriormente:

- (1) construir produtos ou respostas a problemas ou questões, sob a forma de propostas, enunciados, soluções de desenhos experimentais ou artefactos;
- (2) seleccionar entre duas ou mais explicações concorrentes ou teorias acerca de um fenómeno;
- (3) sustentar as suas escolhas ou enunciados com provas: seleccionar dados, empíricos ou hipotéticos, apropriados para apoiar os seus enunciados; examinar provas

experimentais à luz de previsões anteriores; basear-se nos seus conhecimentos para gerar justificações e articular razões para sustentar um enunciado;

(4) desenvolver competências de avaliação do conhecimento, usar critérios para distinguir argumentos ‘bons’ e ‘maus’ argumentos;

(5) falar e escrever ciência: discutir percursos investigativos para resolver problemas; formular hipóteses e desenhar experiências para as testar; produzir artigos de investigação;

(6) persuadir outros ou alcançar acordos, com os seus pares sobre problemas ou questões de índole (socio)científica.

Em síntese, a referida autora afirma que “em contextos argumentativos, os alunos são produtores ativos de enunciados de conhecimento justificados e críticos eficazes dos enunciados dos outros” (Jiménez-Aleixandre, 2008, p. 98). Para facilitar a construção deste tipo de contextos, vários autores defendem que os alunos devem desenvolver trabalho em pequenos grupos, para possibilitar a partilha, a troca de opiniões e para lhes dar voz na resolução de problemas (Bonals, 2000; Osborne, 2012; Simon, Erduran, & Osborne, 2006). Isto contribuirá para o desenvolvimento de epistemologias pessoais, mais próxima de uma orientação avaliativa (Kuhn, 1999; McDonald, & McRobbie, 2012) em que a ciência em vez de ser percebida como um conjunto de factos e princípios a serem memorizados e não sujeitos a alterações (Kuhn, & Reiser, 2006), será reconceptualizada em direção a uma visão mais atual, de cariz pós-positivista, na qual a argumentação tem lugar destacado, no processo de construção do conhecimento. Contudo, para que os alunos desempenhem papéis mais ativos e coerentes com o desenvolvimento de competências de argumentação, é preciso que sintam necessidade de alterar as normas que regulam as práticas mais tradicionais (Kuhn, & Reiser, 2006) ou, seja, que sejam modificadas as regras do contrato didático que regulam o funcionamento das aulas (Brousseau, 1988; Schubauer-Leoni, 1986). Para aqueles autores,

as normas da nova prática têm que fazer sentido no contexto da aula. Por exemplo, os objetivos das aulas tradicionais encorajam os alunos a demonstrar o domínio individual em relação ao saber do professor. Isto não necessita nem motiva os alunos para se envolverem com as ideias dos outros. Assim, a fim de promover a argumentação, devemos criar uma necessidade para os alunos irem além dessa demonstração de conhecimento, a fim de considerarem os enunciados e provas uns dos outros (Kuhn, & Reiser, 2006, p. 18).

Segundo Mirza, Perret-Clermont, Tartas e Iannacone (2009), a imagem que construímos dos outros tem uma função essencial na regulação das dinâmicas argumentativas. Assim, “o papel do professor (e as suas representações dos processos de aprendizagem) pode modificar profundamente a forma que a comunicação assume e, assim, modificar as dinâmicas da argumentação” (pp. 78-79).

O professor, num contexto argumentativo, longe de ser o habitual transmissor de conhecimentos, deve, antes, exercer o papel de facilitador das aprendizagens, de guia e orientador do trabalho a desenvolver pelos alunos. As salas de aula são autênticas comunidades de prática (Lave, & Wenger, 1991), em que o professor deve procurar orientar o trabalho a desenvolver e deve assumir-se como agente questionador que promove uma reflexão crítica acerca das opções tomadas pelos alunos. Desta forma, a aprendizagem é vista como processo de participação social, em que o professor desempenha, numa abordagem vygotskyana, o papel de par mais competente, apoiando os alunos durante as atividades que executam e promove a sua autonomia e responsabilidade. Assim, “As aulas argumentativas são um tipo de aulas que adotam uma perspetiva construtivista, constituem comunidades de aprendizagem e de pensamento, nas quais são características as práticas de avaliação do conhecimento” (Jiménez-Aleixandre, 2010, p. 166). Esta investigadora destaca vários papéis a desempenhar pelo professor, num contexto educativo promotor da argumentação (Jiménez-Aleixandre, 2008, 2010):

(1) atuar como modelo e orientar a investigação dos alunos, ou seja, o professor investiga, pergunta, usa provas, debate, fala e escreve ciências, desempenhando as atividades que, desejavelmente, os alunos devem vir a realizar;

(2) promover o uso de provas pelos alunos, quer através de tarefas em que seja solicitada a justificação de explicações ou de opções, mediante perguntas abertas que levem os alunos a explicitá-las. Por exemplo, o professor pode dirigir as seguintes perguntas aos alunos: ‘Porque pensas isso?’, ‘Como é que sabes?’

(3) partilhar, com os alunos, os objetivos de aprendizagem, os critérios de seleção de explicações ou opções, ou seja, os critérios para avaliar as próprias provas e para construir argumentos de qualidade;

(4) encorajar a reflexão dos alunos acerca das suas posições, da alteração nos seus posicionamentos em consequência das aprendizagens realizadas e acerca das razões que subjazem a essas mudanças.

Estes papéis estão interrelacionados pelo que não são independentes uns dos outros. Assim, enquanto modela e orienta a investigação realizada pelos alunos, o professor encoraja o uso de provas, o uso de critérios para seleção e avaliação de provas e promove a reflexão dos alunos.

Como reconhecem alguns investigadores (Jiménez-Aleixandre, 2010; Santos, Mortimer, & Scott, 2001), a intervenção pedagógica dos professores assume particular importância em contextos de ensino e aprendizagem promotores do desenvolvimento da argumentação científica. Desta forma, parece-nos importar apontar algumas perspetivas teóricas no contexto do desenvolvimento profissional dos professores, procurando relacioná-las com o campo de estudo deste trabalho.

Secção III – Argumentação e desenvolvimento pessoal e profissional de professores

Segundo alguns autores, os professores não possuem experiência e confiança suficientes para usar estratégias promotoras de argumentação científica, em contexto escolar (Dawson, 2006; McNeill, & Knight, 2013; Sampson, & Blanchard, 2012; Simon, Erduran, & Osborne, 2006), revelando dificuldades na sua concretização. Tal pode ficar a dever-se a uma formação inicial realizada através de modelos tradicionais de ensino, longe de modelos construtivistas (McNeill, & Knight, 2013; Sampson, & Blanchard, 2012). Esta posição é, também, destacada por Mellado (2003), que refere haver um desajuste entre a formação de professores e o que se espera da sua ação e por Lee e Lin (2005), ao afirmarem que:

Parece irrealista esperar que alunos graduados de universidades preparem contextos de ensino centrados nos alunos enquanto o modo de instrução centrado no professor é, na realidade, o que ocorre nos programas de formação de professores. Sabe-se (...) que os professores tendem a ensinar da forma como foram ensinados. Portanto, parece que as atuais experiências de aprendizagem de ênfase construtivista e os adequados contextos de ensino centrados nos alunos são o que se torna necessário fornecer em programas de formação de professores (p. 443).

Por outro lado, investigadores como Zohar (2008) têm considerado que a abordagem da argumentação no ensino das ciências é recente pelo que a formação de professores não tem abordado este assunto, de uma forma sistemática. Assim, o desenvolvimento profissional dos professores de ciências, nomeadamente em torno da temática da argumentação, deverá contribuir para ultrapassar obstáculos à implementação de aulas que a promovam, considerando a importância que atualmente é reconhecida na comunidade científica aos processos de ensino e de aprendizagem sustentados em práticas argumentativas.

Para efeitos deste trabalho, consideramos o desenvolvimento profissional docente não como uma mera frequência de cursos ou ações de formação (Ponte, 1998), mas antes como

um processo contínuo de melhoria das práticas docentes, centrado no professor, ou num grupo de professores em interação, incluindo momentos formais e não formais, com a preocupação de promover mudanças educativas em benefício dos alunos, das famílias e das comunidades. (...) Pressupõe a procura de conhecimento profissional prático sobre a questão central da relação entre aprendizagem profissional do

professor e aprendizagem dos seus alunos, centrando-se no contexto profissional (Oliveira-Formosinho, 2009, p. 226).

Alguns autores têm vindo a defender que o ensino e aprendizagem da argumentação não se compadece com práticas tradicionais, como já referimos previamente. Desta forma, urge a mudança quanto às práticas pedagógicas que habitualmente ocorrem nas aulas de ciências, que privilegiam a cópia e a reprodução, ao invés da interação, da discussão e da construção de conhecimentos. O desenvolvimento profissional dos professores pode constituir-se como uma via privilegiada para promover esta mudança uma vez que, segundo Marcelo (2010), “desenvolvimento profissional e processos de mudança são variáveis intrinsecamente unidas. O desenvolvimento profissional procura promover a mudança junto dos professores, para que estes possam crescer enquanto profissionais – e também como pessoas” (p. 15).

Em seguida, abordamos duas vertentes no domínio da temática do desenvolvimento profissional, enquanto contributo para a melhoria de práticas docentes no ensino da argumentação, que nos parecem relevantes: o conhecimento pedagógico de conteúdo e a o papel da reflexão na formação profissional dos docentes.

2.9 O conhecimento pedagógico de conteúdo

O conceito de conhecimento pedagógico de conteúdo (*pedagogical content knowledge*²) foi proposto por Lee Shulman, em 1983, durante uma conferência proferida, na Universidade do Texas, intitulada ‘O paradigma ausente na investigação sobre o ensino’ (*The missing paradigm in research on teaching*, no original) (Shulman, 1999). Posteriormente, o mesmo autor publicou um artigo (Shulman, 1986), onde expõe as principais ideias contidas nessa conferência. Entre elas, defende que as investigações em educação se preocupam pouco com os saberes disciplinares ou conteúdos, pelo que se destinam, sobretudo, a estudar dimensões do conhecimento pedagógico geral, de forma independente dos conteúdos disciplinares que integram os currículos. Daí que a sua preocupação se tenha centrado em perceber “como os assuntos são transformados a partir dos conhecimentos do professor para o conteúdo de ensino” (Shulman, 1986, p. 6). Continuando a citar o mesmo artigo, o autor refere: “O que sentimos falta é das perguntas

² Diversos autores, em particular na área da Educação Matemática (p.e.: Ponte, 1994; Serrazina, 2009) atribuem a designação ‘conhecimento didático’ à expressão em causa.

sobre o conteúdo ensinado nas aulas, as perguntas feitas e as explicações dadas” (p. 7), o que remete para a preocupação central, nas teses de Shulman, da necessidade de um olhar mais atento da investigação sobre o que se ensina, já que para ele, o professor tem de possuir um profundo conhecimento dos conteúdos que ensina, sendo este o paradigma ausente a que se referia no título da conferência.

O conhecimento pedagógico de conteúdo (CPC) corresponde a um dos três tipos de conhecimento de conteúdo propostos por Shulman (1986). Assim, para além deste, o autor refere o conhecimento disciplinar e o conhecimento curricular, estando o primeiro relacionado com o conhecimento que o professor tem acerca da organização dos conteúdos substantivos e sintáticos da disciplina e o segundo com o conhecimento sobre as temáticas dos currículos escolares, bem como acerca dos materiais disponíveis para as lecionar. O CPC representa aquilo que permite “distinguir entre o conhecimento do conteúdo de um especialista de uma determinada área e o conhecimento de um professor nesta mesma área” (Ramos, Graça, & Nascimento, 2008, p. 162), reconhecendo-se, desta forma, que se trata de um tipo de conhecimento que é exclusivo do professor (Kind, 2009). Em termos gerais, poderemos referir que o CPC se traduz no conhecimento especializado e prático que um professor possui e que lhe permite tornar um dado assunto, neste caso, científico, compreensível aos alunos. Esta ideia está também patente no conceito de transposição didática, proposto pelo sociólogo Michel Verret e utilizado por Yves Chevallard, no campo da Didática da Matemática (Astolfi, Darot, Ginsburger-Voguel, & Toussaint, 2002). Segundo Chevallard (1985), a transposição didática consiste na atividade de transformação, mediada pelo professor, de um saber académico ou erudito num saber a ser ensinado. Também Loughran, Berry e Mulhall (2012) se inserem na mesma linha conceptual, valorizando o papel que o CPC desempenha no contexto do conhecimento profissional docente:

É uma ideia enraizada na crença de que ensinar requer consideravelmente mais do que fornecer conteúdo disciplinar aos alunos e que a aprendizagem dos alunos é consideravelmente mais do que absorver informação para uma exata regurgitação posterior. O conhecimento pedagógico de conteúdo é o conhecimento que os professores desenvolvem ao longo do tempo, através da experiência, sobre como ensinar um conteúdo particular, de maneiras específicas, de modo a conduzir a uma melhor compreensão pelos alunos (p. 7).

Uma outra autora – Kind (2009) – afirma que o CPC é um conhecimento profissional oculto ou tácito, pelo que nem sempre é um recurso conscientemente mobilizado pelos professores.

Em 1987, Shulman elaborou uma proposta mais alargada dos domínios específicos que devem constituir o conhecimento-base profissional de qualquer docente, podendo considerar-se este como um conjunto de conhecimentos específicos que se desenvolvem e consolidam durante a experiência profissional e da reflexão sobre a prática (Ponte, & Oliveira, 2002). Um dos conhecimentos presentes nesse conjunto é o CPC. Os restantes seis são:

(1) conhecimento disciplinar (ou de conteúdo), incidindo sobre os conteúdos conceptuais de cada disciplina académica;

(2) conhecimento pedagógico geral, em que se incluem princípios e estratégias de gestão e organização da sala de aula;

(3) conhecimento do currículo, com destaque para o conhecimento dos materiais disponíveis para o processo de ensino;

(4) conhecimento dos alunos e das suas características;

(5) conhecimento dos contextos educativos, que inclui desde a gestão dos trabalhos em grupo até ao conhecimento sobre as características das comunidades e culturas do meio escolar e

(6) conhecimento dos fins, objetivos e valores educativos e das suas bases filosóficas e históricas.

Shulman (1986) inclui no CPC um conjunto de processos que facilitam a transformação do conhecimento académico em conhecimento escolar: formas de representação das ideias, analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações, para além da compreensão do que pode facilitar ou dificultar a aprendizagem de determinados tópicos – conhecimento acerca das conceções prévias e erróneas dos alunos, bem como de estratégias de mudança conceptual.

Desde 1987, vários investigadores têm vindo a propor vários modelos relativos ao conhecimento profissional docente, nos quais se destaca o CPC (Kind, 2009). Um desses modelos, proposto por Carlsen (1999) aponta cinco domínios gerais de conhecimento docente: (1) conhecimento sobre o contexto educativo geral, (2) conhecimento sobre o contexto educativo específico, (3) conhecimento pedagógico geral, (4) conhecimento de

conteúdo disciplinar e (5) conhecimento pedagógico de conteúdo. A Figura 6 representa a visão estrutural do CPC proposta pelo referido autor, na qual se revelam as relações que ocorrem entre os vários domínios do conhecimento do professor. Nela, Carlsen procura dar destaque à importância do contexto e à influência que ele exerce sobre os restantes domínios do conhecimento. Assim, o CPC, para além do conhecimento sobre o sistema e política educativa, sobre a comunidade, escola e os alunos, em geral, é afetado pelo conhecimento do contexto específico em que se desenrola a ação docente e é diretamente influenciado pelo conhecimento de conteúdo disciplinar e pelo conhecimento pedagógico geral, como já tinha sido referido anteriormente.

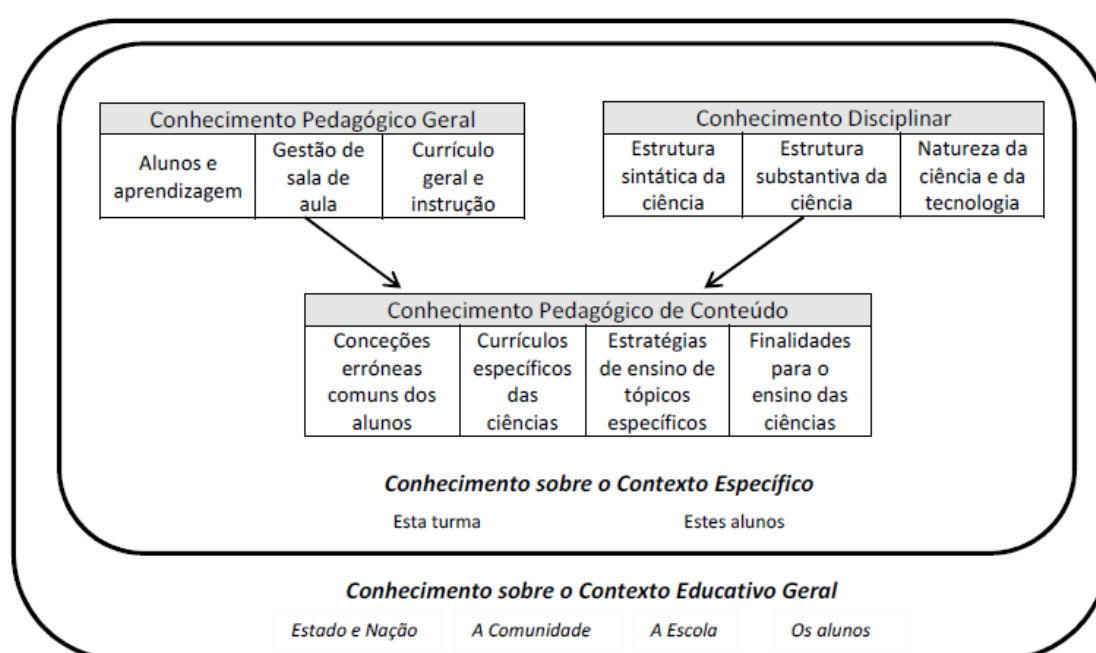


Figura 6 – Domínios do conhecimento do professor (Carlsen, 1999)

Tudo quanto até aqui foi aduzido permite inferir acerca da complexidade da profissão docente e da necessidade dos professores apropriarem e integrarem conhecimentos de diferentes domínios para uma maior eficácia da sua ação. Isto contribuirá, segundo Magnusson, Krajcik e Borko (1999), para que os professores saibam “como desenhar e orientar experiências de aprendizagem, sob condições particulares e constrangimentos, para ajudar grupos diversos de alunos a desenvolverem conhecimento científico e a compreenderem o empreendimento científico” (p. 95). Estes autores identificaram várias componentes do CPC para o ensino das ciências (Figura 7).

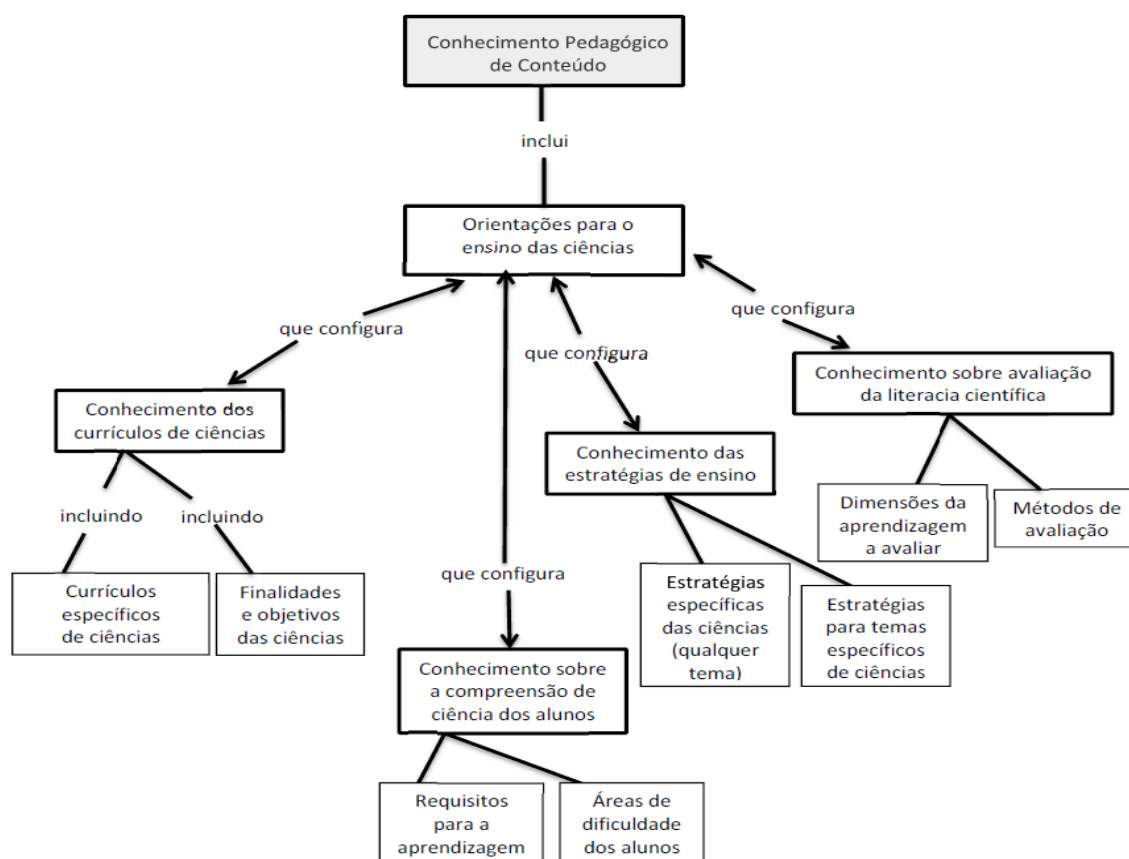


Figura 7 – Componentes do Conhecimento Pedagógico de Conteúdo para o ensino das ciências (Magnusson, Krajcik, e Borko, 1999)

Numa caracterização sumária, apresentamos as cinco componentes do CPC, de acordo com o modelo anterior:

(1) Orientações para o ensino das ciências – esta componente do CPC refere-se às crenças e conhecimento dos docentes acerca das finalidades e objetivos do ensino das ciências, para um determinado nível de escolaridade e que orientam a tomada de decisões sobre a planificação, a execução e reflexão sobre o ensino;

(2) Conhecimento dos currículos de ciências – ao contrário de Shulman e seus colaboradores, que consideraram esta vertente de conhecimento como um domínio do conhecimento base para o ensino, os autores do modelo incluíram-no no CPC pois permite fazer a distinção entre o pedagogo e o especialista no conhecimento de conteúdo. Nele se incluem o conhecimento das finalidades e objetivos dos currículos, nomeadamente, numa perspetiva de articulação vertical, considerando as aprendizagens previstas em anos de escolaridade anteriores e o conhecimento dos programas e dos materiais relevantes para ensinar um determinado tema curricular;

(3) Conhecimento sobre a compreensão que os alunos têm de ciência – refere-se ao conhecimento que os professores devem ter dos seus alunos para os ajudar na aprendizagem dos conteúdos substantivos e sintáticos específicos. Esta componente inclui duas categorias de conhecimento: o conhecimento dos pré-requisitos (capacidades e competências) necessários à aprendizagem de conceitos científicos e conhecimento dos conceitos ou temas em que os alunos revelam maiores dificuldades de aprendizagem. É, também, importante que o professor tenha conhecimento sobre as possíveis causas dessas dificuldades como sejam o nível de abstração dos conceitos, a inexistência de relação entre esses conceitos e o quotidiano dos alunos ou o serem conceitos cujo significado científico entre em contradição com experiências prévias dos alunos;

(4) Conhecimento das estratégias de ensino – compreende o conhecimento de estratégias possíveis de aplicar num domínio mais alargado da educação em ciência e, num âmbito mais restrito, de ensino de temas particulares do domínio da ciência. Alguns fatores como o nível de conhecimento de conteúdo disciplinar, de conteúdo pedagógico, do contexto ou, ainda, as crenças dos professores podem ser fatores que influenciam a componente do CPC em referência;

(5) Conhecimento sobre avaliação da literacia científica – constituído por duas categorias: (a) conhecimento das dimensões da aprendizagem das ciências que são importantes avaliar e (b) conhecimento dos métodos adequados para a avaliação dessas aprendizagens. Na primeira podem incluir-se a compreensão conceptual ou acerca da natureza da ciência, competências processuais ou a mobilização do raciocínio prático. Na segunda categoria, é particularmente importante a coerência entre métodos ou técnicas de avaliação e as finalidades dessa mesma avaliação. Assim, se se pretender avaliar a compreensão conceptual de um aluno acerca de um tema, pode-se aplicar um teste escrito, mas se a finalidade da avaliação estiver relacionada com a análise do desenvolvimento de competências processuais, o aluno deve ser avaliado, por exemplo, através de um trabalho prático de laboratório ou de um caderno de registos de laboratório.

Todas estas componentes do CPC são importantes na regulação da ação docente e na construção do conhecimento profissional dos professores. Kind (2009) menciona três fatores essenciais no desenvolvimento do CPC de um docente: (1) possuir um bom conhecimento disciplinar; (2) a experiência de sala de aula e (3) possuir atributos

emocionais, que se traduzam em bons níveis de autoconfiança e na construção de um trabalho apoiado na colaboração com outros. Estes fatores têm sido focados por alguns autores (McNeill, & Knight, 2013; Sampson, & Blanchard, 2012; Simon et al., 2006) como importantes para a implementação de práticas argumentativas. Outros autores como Evagorou e Dillon (2011) sublinham que para o professor envolver os alunos na argumentação há diversos aspetos a ter em conta: o conhecimento disciplinar do professor, o conhecimento do professor acerca da argumentação e a sua capacidade para transformar esse conhecimento e apresentá-lo aos alunos.

Considerando que a temática central deste trabalho é a argumentação científica em sala de aula, interessa perceber que significado pode ter o uso da expressão CPC nesse contexto específico. Zohar (2008) considera que o discurso clássico aplica a expressão CPC ao ensino de conteúdos substantivos e não ao ensino de capacidades de pensamento. Assim, para a mesma autora, o conteúdo disciplinar, neste caso, refere-se ao conhecimento de estratégias de pensamento e não aos conteúdos substantivos académicos.

Os professores para trabalharem a argumentação científica com os seus alunos, devem possuir um conhecimento aprofundado desse conteúdo, sendo outra condição necessária ao seu bom desempenho, um conhecimento pedagógico apropriado ao contexto do ensino de capacidades de pensamento de nível elevado. Para esta condição, alguns investigadores (McNeill, & Knight, 2013; Zohar, 2008) dão como exemplo a compreensão que os professores devem desenvolver acerca do seu papel em aulas promotoras de argumentação científica. Assim, os professores devem possuir um CPC de argumentação que lhes permita implementar, com sucesso, práticas que se afastam dos processos de ensino tradicionais, nas quais o professor se assuma como um facilitador das aprendizagens e não como uma figura de autoridade, cuja função é avaliar as respostas dos alunos.

De entre um conjunto de elementos que influem na eficácia da prática dos professores, Zohar (2008) destaca o conhecimento de estratégias de ensino adequadas ao contexto da argumentação e, por inerência, ao desenvolvimento de capacidades de pensamento de nível elevado. Sampson e Blanchard (2012) afirmam que a literatura aponta três razões principais para os professores não envolverem os alunos na argumentação científica: (1) um conhecimento pedagógico limitado; (2) a existência de

poucos recursos de ensino disponíveis direcionados para a implementação de práticas argumentativas e (3) enviesamentos acerca da natureza da ciência e dos processos de inquérito científico. Parece, assim, que os programas de desenvolvimento profissional e de formação inicial docente não podem estar centrados exclusivamente no seu ensino da argumentação, pois há necessidade de abordar assuntos fundamentais relacionados com a pedagogia da construção de conhecimento (Zohar, 2008). Esta autora defende a necessidade de implementar programas de formação em que os professores possam ser monitorizados nas suas práticas letivas ou, caso tal não seja possível, que esses programas facilitem a construção de um clima facilitador da reflexão acerca das próprias práticas; para além disso, outro elemento a considerar é o envolvimento dos professores na construção de materiais de aprendizagem que possam ser utilizados para promover atividades de argumentação científica, uma vez que, dessa forma, desenvolverão uma apropriação mais eficaz dos objetivos educacionais a atingir e das competências a desenvolver com aquele tipo de práticas pedagógicas.

2.10 A reflexão no desenvolvimento pessoal e profissional docente

O termo ‘reflexão’ ou as expressões ‘professor reflexivo’ e ‘prático reflexivo’ têm sido recorrentemente usadas em contextos de investigação relacionados com a formação e o desenvolvimento profissional de professores. Como afirma Alarcão (1996a), “Na arena educativa emergem de vez em quando, ideias novas – ou renovadas – que catalisam, contagiam e... quase se transformam em *slogans* alienadores” (p. 7, *itálico no original*). O papel da reflexão no contexto da formação de professores adquiriu relevância, fundamentalmente, após a publicação de duas obras centrais na análise da problemática da formação de profissionais, escritas por Donald Schön – *The reflective practitioner: How professionals think in action*, de 1983 e *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning*, de 1987. Contudo, o conceito de reflexão no contexto pedagógico já tinha sido abordado, anteriormente, por John Dewey, no início do século XX (Lalanda, & Abrantes, 1996), considerando este autor que o pensamento reflexivo é a melhor maneira de pensar.

Nas citadas obras, Schön critica o paradigma de educação e formação profissional, vigente há várias décadas, que designa de racionalidade técnica. Segundo esse paradigma,

“a atividade profissional consiste na resolução de problemas instrumentais feita rigorosa pela aplicação da teoria científica e da técnica” (Schön, 1983, p. 21). A racionalidade técnica, segundo o autor, privilegia o conhecimento declarativo, teórico e proposicional, separando-o da prática e pressupõe que os problemas que vão surgindo ao longo do desempenho profissional podem ser resolvidos, caso a caso, com recurso a técnicas específicas, que se adequam a cada situação. Com fundamento epistemológico num paradigma de cariz positivista, no referido modelo de formação “considera-se que a verdade é objetiva, única, reside nos factos e dispensa a interpretação pessoal que destes fazem os sujeitos” (Alarcão, 1996a, p. 22) nas situações problemáticas, menosprezando o conhecimento que se produz durante a prática profissional. Segundo Alarcão (1996a), este modelo de formação tem predominado no ensino universitário, no qual a ênfase no paradigma da ciência aplicada se tem destacado. Ainda que a autora tenha manifestado esta posição antes da introdução do Processo de Bolonha, na atualidade continua a predominar uma visão atomista do conhecimento, ao invés de se atender a uma visão mais holística dos saberes e a um modelo de ensino e aprendizagem problematizador do conhecimento e promotor de uma aprendizagem ao longo da vida.

Com a prevalência do modelo de racionalidade técnica na educação e formação profissional foram-se gerando correntes epistemológicas da prática que geraram um

movimento internacional, que se desenvolveu no ensino e na formação de professores sob a bandeira da reflexão, [e que] pode ser considerado uma reação contra o facto de os professores serem vistos como técnicos que se limitam a cumprir o que outros lhe ditam de fora da sala de aula (Zeichner, 1993, p. 16).

Para Schön (1983, 1987), os problemas que o profissional tem de enfrentar em contexto real não encontram solução num modelo de racionalidade técnica uma vez que, devido à sua singularidade e complexidade, apenas podem ser resolvidos através de uma mobilização de competências várias que não se cingem a um elenco de técnicas a aplicar. Este posicionamento é, também, defendido por Nóvoa (1992), em relação à prática profissional docente, ao referir que as problemáticas vivenciadas no seio da profissão não são de natureza meramente instrumental, pois o terreno em que elas se geram leva a decisões de grande complexidade, incerteza, singularidade e conflito de valores. Efetivamente, os professores são profissionais multifacetados cuja prática implica a resolução de situações problemáticas que exigem o assumir de competências em diversos domínios que vão para além da aplicação de meros tecnicismos (Ponte, 1999).

Em oposição ao modelo de racionalidade técnica, Schön (1983, 1987) valoriza uma epistemologia da prática, defendendo que a reflexão a partir da ação é uma fonte de conhecimento válido. Como refere Alarcão (1996a), a componente reflexiva é “a via possível para um profissional se sentir capaz de enfrentar as situações sempre novas e diferentes com que se vai deparar na vida real e de tomar as decisões apropriadas nas zonas de indefinição que a caracterizam” (p.11).

Tendo por referência a importância da reflexão no modelo epistemológico da prática, Schön (1983, 1987) propõe uma tipificação de várias componentes que contribuem de forma decisiva para o conhecimento e desenvolvimento profissional. Segundo o autor, os profissionais têm um ‘conhecimento na ação’, isto é, um conhecimento tácito, interiorizado e espontâneo que se revela no saber-fazer técnico-prático. Este tipo de conhecimento que se manifesta na prática, deve ser alvo de reflexão. Assim, para além do ‘conhecimento na ação’, Schön (1983, 1987) considera como dispositivos cognitivos característicos dos profissionais competentes: a ‘reflexão na ação’, a ‘reflexão sobre a ação’ e a ‘reflexão sobre a reflexão na ação’. Através da reflexão a partir da ação, o profissional pode estabelecer conexões entre teoria e prática e pode ir reformulando e melhorando o seu próprio desempenho.

A ‘reflexão na ação’ corresponde, como a própria designação pressupõe, a uma reflexão que ocorre durante a prática, sem que esta seja interrompida, podendo levar eventualmente à reformulação da ação enquanto ela se desenrola. Neste caso, durante a sua prática, o professor pode ter momentos de reflexão sobre os acontecimentos que estão a ocorrer, podendo efetuar ajustamentos ao planificado. Já a ‘reflexão sobre a ação’ é posterior aos acontecimentos, o que exige uma reconstrução mental da ação, uma vez que a análise ocorre retrospectivamente. Este momento reflexivo espoleta uma consciência do ‘conhecimento na ação’ e contribui para reformular o pensamento e tomar consciência do conhecimento tácito e da discrepância entre as intenções da ação e a própria ação. Pode ainda surgir um momento em que o profissional tenha um olhar retrospectivo não apenas sobre ação em que esteve envolvido mas também sobre a reflexão na ação, procurando compreender, interpretar e atribuir significado a esse momento, componente que Schön designa de ‘reflexão sobre a reflexão na ação’. Segundo Alarcão (1996a) esta última componente do pensamento reflexivo contribui para compreender problemas

futuros e descobrir novas soluções. Todas estas dimensões de reflexividade favorecem o desenvolvimento profissional, como é afirmado por Mellado (2003):

O desenvolvimento profissional realiza-se através de processos sucessivos de autorregulação metacognitiva do professor baseados em reflexão, na compreensão e no controlo do que pensa, do que sente e do que faz na aula e na escola e das próprias mudanças que realiza (p. 353).

Esta condição de ser reflexivo contribui, assim, para uma aprendizagem ao longo da vida, característica de uma profissão, como a docente, em que há necessidade de uma atualização permanente do conhecimento. Segundo Roldão (2007a), a componente analítica associada à capacidade reflexiva sobre a ação desenvolvida é uma das características do saber específico docente, a par do CPC, defendendo a investigadora que ela está “no centro das valências que importa acentuar na formação de professores para garantir a melhoria da sua qualidade e a afirmação de uma profissionalidade mais sólida dos atuais e futuros professores” (pp. 42-43). Aquela autora associa a expressão ‘prática reflexiva’ a uma conceção de professor investigador pelo que considera preferível o uso da expressão ‘profissional de ensino analítico e investigativo da prática’, considerando, ainda, que a problematização da prática profissional deve ser considerada o eixo estruturante da formação de qualquer profissional. Desta forma, os docentes podem afirmar-se enquanto grupo profissional que constrói os seus saberes através de uma prática reflexiva que requer um conjunto de condições como: (1) conhecimento teórico e prático; (2) teorização problematizadora da prática e (3) produção de conhecimento suscetível de ser comunicado e mobilizado noutras situações (Roldão, 2007b). Todas estas condições nos parecem relevantes para a prática reflexiva, que se deve fundamentar no questionamento e na crítica. O processo reflexivo não pode limitar-se à descrição, tendo que avançar para um nível de interpretação crítica, em que a ação seja analisada segundo perspetivas diferenciadas e informadas teoricamente. E é nesse avanço, na passagem do descritivo ao interpretativo, que as perguntas são importantes (Alarcão, 1996b) e fazem progredir o conhecimento.

Neste contexto de questionamento, o trabalho entre professores pode tornar-se uma mais-valia para o desenvolvimento da reflexão crítica (Zeichner, 1993), e potenciar a construção de conhecimento profissional no caminho da mudança da prática, como refere Alarcão (1996b):

Só após a descrição do que penso e do que faço me será possível encontrar as razões para os meus conceitos e para a minha atuação, isto é, interpretar e abrir-me ao pensamento e à experiência dos outros para, no confronto com eles e comigo próprio, ver como altero – e se altero, a minha *praxis* educativa (p. 182, *italico no original*).

É este processo crítico-reflexivo que garante uma rutura com as discussões estereis e com as trocas de opinião não fundamentadas que tornam improdutivo uma melhoria das práticas (Roldão, 2007b). O intercâmbio de experiências ligadas à prática que se pode gerar durante o trabalho colaborativo entre professores é promotor do pensamento reflexivo e, portanto, do questionamento e da resolução de problemas, elementos que podem contribuir para a mudança da cultura profissional. Para Alarcão (1996b), são as perguntas feitas pelo outro que orientam o pensamento para um nível interpretativo e não, meramente, descritivo, pelo que emergem como uma das estratégias que se devem privilegiar no desenvolvimento profissional docente. Contudo, segundo Zeichner (1993) são necessárias três atitudes para a ação reflexiva: abertura de espírito, responsabilidade e sinceridade. A abertura de espírito permite, segundo o autor, examinar as fundamentações lógicas que estão na base do que é correto, favorecendo o autoquestionamento do professor. A responsabilidade leva os professores a perguntarem-se porque estão a fazer o que fazem, levando-os a pensar sobre as consequências pessoais (os efeitos do seu ensino nos autoconceitos dos alunos), académicas (efeitos do seu ensino no desenvolvimento intelectual dos alunos) e sociopolíticas (efeitos do seu ensino na vida dos alunos). Por fim, a terceira atitude – sinceridade – leva os professores a tornarem-se responsáveis pela sua própria aprendizagem.

A constituição de redes coletivas de trabalho (Comissão Europeia, 2007; Nóvoa, 1992; Zeichner, 1993) ou de comunidades de prática (Wenger, 1998; Wenger, McDermott, & Snyder, 2002) pode desempenhar um papel significativo neste mesmo processo de aprendizagem e de desenvolvimento pessoal, uma vez que envolve os seus membros na partilha de conhecimentos e são propícias ao desenvolvimento da reflexão crítica, surgindo como “um fator decisivo de socialização profissional e de afirmação de valores próprios da profissão docente” (Nóvoa, 1992, p. 23). Diversos autores (Braund, & Campbell, 2010; Duschl & Osborne, 2002; Fulton, & Britton, 2011; Jorge, 2012; McLaughlin, & Talbert, 2006) consideram as comunidades de prática como fonte de desenvolvimento profissional dos professores. Zeichner (1993) alerta para a natureza social da prática reflexiva, “através da qual grupos de professores podem apoiar e

sustentar o crescimento uns dos outros” (p. 23). Uma comunidade de prática enquanto grupo de indivíduos que se envolvem num processo coletivo de aprendizagem acerca de um dado domínio do conhecimento (Wenger, McDermott, & Snyder, 2002) propicia processos de inovação e de colaboração reflexiva.

Podemos considerar que a implementação de práticas argumentativas representa um desafio em termos de inovação no ensino das ciências (Simon, Erduran, & Osborne, 2006; Sampson, & Blanchard, 2012) e do desenvolvimento profissional dos professores. Através da construção de um conhecimento coletivo que envolva a troca de informação, de conhecimentos, de experiências, práticas, recursos, materiais pedagógicos, numa comunidade de prática (Jorge, 2012), os professores poderão sentir-se mais apoiados para implementar práticas de argumentação científica. As comunidades de prática podem ser, nomeadamente, uma forma de promover o trabalho colaborativo na cultura profissional que, habitualmente, está associada ao isolamento profissional do professor (Brouwer, Brekelmans, Nieuwenhuis, & Simons, 2012; Hargreaves, 1992; Jorge, 2012). Mesmo em circunstâncias de trabalho conjunto, raramente os professores desenvolvem trabalho colaborativo, pois limitam-se a conversar informalmente acerca das suas preocupações ou até mesmo a uma ‘partilha de experiências’, mas não aprofundando as problemáticas associadas à sua prática para a qual é necessário mobilizar, na sua resolução, conhecimento profissional (Roldão, 2006, 2007b). Tal pode ficar a dever-se, segundo Roldão (2007a) ao facto do conhecimento profissional dos professores se constituir como o elo mais fraco da profissão docente. As comunidades de prática ou as redes coletivas de trabalho podem ser formas de apoiar os professores na melhoria do seu desempenho profissional e valorizar o conhecimento na ação, se se fundarem em práticas reflexivas informadas, conforme defendido por Schön (1983, 1987).

No seu trabalho de investigação, Jorge (2012) conclui que os professores consideraram que as comunidades de prática são “um contexto rico de colaboração, de construção de conhecimento e de reflexão profissional, de melhora das práticas, de rentabilização do trabalho individual” (p. 2211). Essas comunidades de prática ou redes coletivas de trabalho devem construir-se com base na confiança mútua e numa liderança organizacional escolar que fomente esse tipo de práticas de desenvolvimento profissional (McLaughlin, & Talbert, 2006; Wenger, McDermott, & Snyder, 2002). É na mesma linha de pensamento que Nóvoa (1992) e Zeichner (1993) sustentam que o papel dos diretores

escolares enquanto facilitadores de comunidades de prática é fundamental neste processo de evolução profissional que apoia a implementação de práticas pedagógicas inovadoras. Nóvoa (1992) chega mesmo a referir uma necessidade de melhoria da organização das escolas pois o modelo que ainda hoje prevalece e que poucas mudanças tem sofrido nos últimos anos, desencoraja um conhecimento profissional partilhado dos professores e dificulta o investimento das experiências significativas nos percursos de formação. Para aquele investigador, se queremos professores profissionalmente emancipados que assumam o seu próprio desenvolvimento profissional e que participem como protagonistas na implementação de políticas educativas, devemos apostar numa formação,

concebida como uma das componentes da mudança, em conexão estreita com outros setores e áreas de intervenção, e não como uma espécie de condição prévia da mudança. A formação não se faz antes da mudança, faz-se durante a mudança, produz-se nesse esforço de inovação e de procura dos melhores percursos para a transformação da escola (p. 23).

Neste contexto de mudança e de autonomia profissional, a reflexão desempenha um papel insubstituível, podendo contribuir para, num contexto de ensino e aprendizagem da argumentação científica, ultrapassar as “dificuldades enfrentadas pelo professor quando adota abordagens pedagógicas que entram em conflito com crenças existentes acerca do ensino e do que significa aprender ciência” (Simon, Richardson, Howell-Richardson, Christodoulou, & Osborne, 2009).

CAPÍTULO 3.

METODOLOGIA

Com este capítulo pretendemos apresentar as principais opções metodológicas utilizadas na investigação, relacionando-as com os pressupostos ontológicos e epistemológicos que as enquadram. Referimos, ainda, aspetos relacionados com os participantes, com os instrumentos e processos de recolha de dados e com a análise dos resultados. Por fim, apresentamos uma breve referência a procedimentos de validade e a questões éticas consideradas durante o estudo.

3.1 Introdução

Uma dicotomia epistemológica bem vinculada, no campo das metodologias de investigação, tem atravessado as últimas décadas. Se há investigadores que se reveem mais em estudos de natureza experimental, de pendor quantitativo, há outros que defendem acerrimamente investigações de natureza contextualizada, de pendor qualitativo (Bogdan, & Biklen, 1994; Cohen, Manion, & Morisson, 2007; Lessard-Hébert, Goyette e Boutin, 1990; Patton, 2002). Esta dicotomia está bem patente em artigos publicados em revistas de educação e noutro tipo de publicações. Por um lado, temos a investigação quantitativa, associada ao tradicional campo das ciências físicas e naturais, do qual foi apropriada e mimetizada, numa tentativa de credibilizar as ciências sociais e humanas, ao fazer uso de métodos experimentais, supostamente rigorosos e objetivos, através da quantificação dos dados; por outro lado, a investigação qualitativa, de tendência naturalista, também designada como interpretativa (Erickson, 1986), que repudia a descontextualização dos processos e produtos da ciência, e que se centra na descrição, contextualizando as investigações, como forma de potenciar a interpretação dos resultados e das conclusões. Apesar desta separação, a partir dos anos 80, do século XX, a opção por metodologias mistas (Creswell, & Clark 2011; Hesse-Biber, 2010), que utilizam métodos de recolha de dados, característicos dos dois tipos de investigação referidos, tentando, desta forma, compatibilizar aquelas duas perspetivas metodológicas, tem vindo a cimentar-se, sendo por alguns (Teddle, & Tashakkori, 2003) referida como

uma terceira via no domínio das metodologias de investigação. Numa outra secção, aprofundaremos esta abordagem metodológica.

A opção por uma investigação de índole quantitativa, qualitativa ou mista, está vinculada a formas de conceber o mundo (Corbin, & Strauss, 2008), de como percecionamos as relações que se estabelecem entre o ser cognoscente e o objeto do conhecimento, bem como das questões de estudo formuladas em função dessas mundivisões. Tendo em conta estas considerações, achámos conveniente construir uma secção que tem por finalidade apresentar uma explicitação dos percursos ontológicos e epistemológicos que orientam as opções metodológicas que tomámos e que estão intimamente relacionadas com as fases da investigação que implementámos.

3.2 Natureza paradigmática

Para alguns autores como Guba e Lincoln (1998), o posicionamento paradigmático é fundamental no decurso da pesquisa científica, chegando, estes autores, a secundarizar os aspetos relacionados com as opções metodológicas face às paradigmáticas, ao referir que,

Na nossa perspetiva, ambos os métodos qualitativos e quantitativos podem ser utilizados apropriadamente em qualquer paradigma investigativo. As questões de método são secundárias às questões de paradigma, que definimos como um sistema de crenças fundamentais ou mundivisão que orienta o investigador, não apenas nas escolhas de método mas em percursos ontológicos e epistemológicos fundamentais. (p. 195).

Segundo este ponto de vista, as questões paradigmáticas, fundadas em pressupostos ontológicos e epistemológicos, são fundamentais para orientar o investigador na seleção dos processos mais adequados, na tentativa de encontrar as respostas para os seus problemas. Assim, o paradigma pode ser considerado o farol que ilumina o investigador nas decisões metodológicas que tem de tomar na planificação do seu trabalho. No entanto, este posicionamento não é unânime, pois há quem defenda que apesar dos princípios filosóficos de um investigador, as questões metodológicas podem ser independentes do paradigma orientador (Creswell, & Clark, 2011; Tashakkori, & Teddlie, 1998). Nesta perspetiva, denominada de pragmática, dá-se mais relevância à natureza das questões do estudo, que levarão a optar por determinados métodos e procedimentos na recolha de dados.

Independentemente de considerarmos relevante a existência duma relação dialética entre as abordagens metodológicas e a natureza das questões de uma investigação, a enunciação dessas mesmas questões encontra-se vinculada às perspetivas sobre a realidade construídas pelo investigador. Consideramos, assim, a existência de uma relação entre a natureza das questões de um estudo e o paradigma em que um investigador se situa. De acordo com diversos autores (Creswell, 2007; Creswell, & Clark, 2011; Guba, & Lincoln, 1998; Mertens, 1998), concorrem para a construção de um determinado paradigma, pressupostos de natureza ontológica, epistemológica e metodológica. Vamos, em seguida, apresentar alguns aspetos que consideramos relevantes na construção do nosso posicionamento paradigmático, e que contribuíram para moldar o desenho do nosso plano de investigação.

3.2.1 Pressupostos ontológicos e epistemológicos

O posicionamento ontológico pretende situar o investigador face à natureza da realidade, enquanto as questões epistemológicas se relacionam com a natureza da relação entre aquele e o objeto de estudo. Os investigadores posicionam-se de forma distinta relativamente ao que consideram “realidade” e isso tem alimentado a discussão sobre as metodologias de investigação.

O nosso percurso pessoal, académico e profissional, tem-nos permitido refletir e reformular concepções acerca do mundo, e se antes o percebíamos como real e apreendido de forma unívoca, passámos a conceber um outro bem mais multifacetado, em que o conhecimento se edifica a partir das relações dialéticas entre experiência, reflexão e interpretação. Aceitar a diversidade como uma riqueza que contribui para desenvolver aproximações, não a uma verdade generalizada e autoritária, mas a realidades moldáveis, foi uma concepção pessoal que fomos desenvolvendo ao longo do nosso percurso.

As nossas concepções foram sofrendo mudanças em relação a pressupostos de natureza ontológica e epistemológica. Até uma etapa da nossa vida, não muito distante da atual, aceitávamos uma realidade objetiva, na qual os fenómenos eram percebidos por todos, da mesma forma e em que a partilha de conhecimentos e de experiências com os outros, nos trazia a segurança de uma verdade única e (quase que) indiscutível, fundamentada numa perspetiva empírica ingénua. Posteriormente, através de momentos de partilha de saberes e de experiências vividas, de participação em grupos de investigação, de leituras críticas que fomos realizando e de reflexões que nos levaram a

questionar as nossas concepções, fomos-nos interrogando e reconceptualizando a realidade de forma bem distinta da anterior. Incerteza, questionamento, construção pessoal de significados e partilha de intersubjetividades, complexidade, são novos sentidos que passámos a atribuir à realidade que vivenciamos. Assim, passámos a conceber as realidades pessoais enquanto fruto de uma rede complexa de interações com o que nos rodeia e de construções sociais. A interpretação de acontecimentos, fenómenos e ações, com significados contextualizados que culminam numa apropriação individual são indissociáveis do “eu”, particularmente quando refletimos, construindo diálogos internos. No entanto, isto não significa que nos posicionemos de uma forma acrítica num paradigma, rejeitando outros princípios filosóficos. Reconhecemos a relevância ontológica e epistemológica de outras formas de conceber a natureza da realidade e da investigação que, fundamentada nesses pressupostos, tem levado à edificação de muito do conhecimento de que hoje dispomos. Consideramos que, independentemente de subscrevermos determinadas perspetivas acerca do real, a adoção de outros pressupostos ontológicos e, por consequência, epistemológicos, também está relacionada com o tipo de investigação que se pretende desenvolver e das questões de interesse de um investigador, tal como defendido pelos pragmáticos. No entanto, consideramos a interpretação pessoal dos fenómenos, sejam eles de que natureza social ou física, como essencial à construção e progresso do conhecimento. A interpretação desses mesmos fenómenos não pode também desvincular-se do contexto em que eles se produziram. Concebendo um mundo em que os comportamentos e atitudes estão impregnados de intencionalidades e significados, consideramos que as perspetivas interpretativas são as que mais se adequam à nossa forma de estar e sentir a realidade que nos envolve, sem menosprezar outros posicionamentos que possam contribuir para aprofundar o conhecimento.

3.2.2 Abordagem metodológica

Tendo em conta os pressupostos ontológicos e epistemológicos explanados, vamos caracterizar brevemente os dois tipos de abordagem metodológica que nos parecem coerentes com a problemática que construímos e com as questões de estudo já apresentadas.

3.2.2.1 Abordagem exploratória

Como já referimos, diversas investigações têm vindo a ser realizadas, com maior incidência, a partir da década de 90, do século XX, sobre o papel da argumentação na educação em ciência. No entanto, vários destes trabalhos têm-se centrado nos alunos, ou seja, têm pretendido perceber, por exemplo, de que forma os estudantes utilizam (ou não) evidências científicas para sustentar a argumentação, em diferentes contextos (debates a partir de questões de natureza societal, em trabalhos de natureza laboratorial e/ou experimental, entre outros), nas aulas de ciências. Procurando uma alternativa ao foco de alguns desses trabalhos, e fixando a investigação no domínio da argumentação científica, em contextos educativos, sobre as concepções dos professores e as suas práticas, tentámos compreender quais as perspetivas de docentes sobre a problemática definida. Assim, considerámos que uma primeira aproximação a esta temática poderia ser realizada através de uma abordagem exploratória. Utilizamos aqui o termo exploratório, no significado que é atribuído ao termo “explorar”, no Dicionário de Língua Portuguesa Contemporânea, da Academia de Ciências de Lisboa (2001), como “desenvolver um trabalho de estudo e investigação para tentar compreender e explicar” (p. 1650). De acordo com Babbie (2010), muitas investigações realizadas no domínio das ciências sociais e humanas, pretendem explorar um determinado tópico, permitindo ao investigador aceder a uma familiaridade inicial com o assunto a estudar, existindo esta finalidade quando o tema central de um trabalho é novo ou ainda pouco estudado. Este mesmo autor refere três finalidades de uma abordagem exploratória: “(1) para satisfazer a curiosidade do investigador e a necessidade de uma melhor compreensão, (2) para testar a viabilidade de realizar um estudo mais abrangente e (3) para desenvolver os métodos a serem empregues num estudo subsequente” (p. 92). Consideramos que a primeira é a que mais se adequa ao estudo presente.

Pareceu-nos, ainda, apropriado considerar uma abordagem metodológica exploratória, uma vez que decidimos avançar para a análise da problemática já apresentada, sem expectativas prévias fundamentadas empiricamente, para o contexto português, que permitissem um delinear preciso da investigação. Assim, construímos um plano com a pretensão de que os dados obtidos numa fase inicial e exploratória, fossem, posteriormente aprofundados, em etapas posteriores.

3.2.2.2 Abordagem fenomenológica

Com a abordagem fenomenológica, pretende-se compreender o significado que têm para os atores sociais, as situações experienciadas e ações conscientes direcionadas a um objeto / acontecimento específico (Creswell, 2007), em determinados contextos. Assim, considerámos que esta abordagem se enquadrava nas perspectivas metodológicas que pretendíamos seguir.

O foco da fenomenologia é compreender o “que” e o “como” da experiência (Patton, 2002). Para este autor, uma investigação que recorra a uma abordagem fenomenológica deve procurar perceber qual é a estrutura e a essência do fenómeno para um conjunto de indivíduos. A descrição da experiência e a interpretação do fenómeno, por parte de quem os vivenciou são, na prática, indistinguíveis já que a experiência inclui a própria interpretação e esta é essencial à compreensão daquela. O próprio investigador é parte deste processo, uma vez que ele mesmo interpreta o significado das experiências vividas por outros, pelo que se torna um mediador entre diferentes significados (van Manen 1990, citado em Creswell, 2007), ainda que estejamos mais focados no ponto de vista da experiência vivida pelos participantes do que nas nossas possíveis interpretações, o que nos afasta mais de uma abordagem hermenêutica e nos aproxima da fenomenológica. É precisamente por ser este o foco de interesse de uma abordagem fenomenológica, que Patton (2002), alerta para a importância de um desenvolvimento empático entre os participantes e entre estes e o investigador:

A empatia desenvolve-se a partir de um contacto pessoal com as pessoas entrevistadas e observadas durante o trabalho de campo. Empatia envolve ser-se capaz de assumir e entender a postura, posição, sentimentos e cosmovisão dos outros. O valor da empatia é enfatizado na doutrina fenomenológica de *verstehen*, o que fortalece muito a investigação qualitativa (p. 56, *itálico no original*).

O *verstehen* surge aqui na utilização que a tradição weberiana lhe atribuiu, no sentido de valorizar “a compreensão interpretativa das interações humanas” (Bogdan, & Biklen, 1994, p. 53), tendo sido enfatizada por dois filósofos, Edmund Husserl (1859-1938) e Alfred Schutz (1899-1959), que centraram os seus interesses teóricos no desenvolvimento da sociologia fenomenológica. Percebe-se, assim, que esta conceção fenomenológica segue a linha do construtivismo social, ao sustentar que a realidade é pluralista, plástica e dependente das intersubjetividades de dinâmicas interativas. Pluralista, por se expressar através de símbolos e sistemas linguísticos; plástica, por ser

moldada de acordo com as ações intencionais dos atores sociais, pelo que apela a realidades múltiplas e recusa a existência de uma realidade pré-existente e independente da atividade humana e da linguagem simbólica (Schwandt, 1998). É neste sentido que procurámos compreender o complexo mundo das experiências vividas pelos docentes ao procurarem implementar uma educação em ciência intencionalmente orientada para o desenvolvimento da argumentação, em aulas de Biologia e Geologia.

3.3 Opções metodológicas – Uma metodologia mista de investigação

Não há muito tempo atrás, reacendeu-se, nos Estados Unidos da América, a “guerra” entre defensores das abordagens metodológicas quantitativa e qualitativa. O termo “guerra”, adotado por alguns investigadores (Tashakkori, & Teddlie, 1998), pretende caracterizar o período compreendido entre os anos 70 e 80, do século XX, durante o qual se mantiveram acesas discussões entre partidários de ambas as perspetivas metodológicas. A administração norte-americana, em 2002, reativou a polémica ao referir explicitamente no *Elementary and Secondary Education Act (ESEA)*, conhecido como *No Child Left Behind*, o que deveria ser considerado como investigação científica válida no domínio da educação, conforme consta do documento que constitui a Lei Pública (*Public Law*). Assim, de acordo com esta Lei, apenas a investigação que recorra a testagem de hipóteses, à observação, com recurso a desenhos experimentais ou *quasi*-experimentais e que permita replicações, com a finalidade de se conseguirem generalizações, deve ser considerada científica. Isto representa um total retrocesso em termos da credibilidade da investigação de natureza interpretativa (Erickson, 1986). É uma “guerra” que apesar de aparentemente encerrada, teima em manter algumas feridas abertas.

Nos idos anos 1990, começaram a desenvolver-se linhas de pesquisa que procuraram compatibilizar aqueles pressupostos metodológicos. Foram, nessa época surgindo diversos trabalhos, no domínio das ciências sociais e humanas, realizados com recurso a desenhos que utilizam métodos característicos de abordagens quantitativas/causalistas e qualitativas/interpretativas. Esta situação é mencionada por Cunha (2007), ao referir que “passou a ser pacífico aceitar que as duas metodologias não só podiam coexistir, como poderiam, sinergicamente, contribuir para um mais bem fundamentado conhecimento das diferentes áreas da educação” (p. 7).

3.3.1 As metodologias mistas

Ao considerarem-se os paradigmas que orientam as abordagens metodológicas quantitativas/causalistas e qualitativas/ interpretativas como incomensuráveis (Kuhn, 2009), os denominados “puristas” da comunidade científica não consentem a existência de uma abordagem mista (Teddlie, & Tashakkori, 2003). As resistências à utilização de metodologias mistas, foram sendo ultrapassadas quando os investigadores se aperceberam das vantagens que daí poderiam advir, por elas contribuírem, nomeadamente, para uma maior credibilização dos resultados e das conclusões dos estudos realizados, para além da sua utilidade ao permitirem direccionar a investigação para questões de natureza diferente (Moraes, & Neves, 2007). Estas vantagens, se assim o podemos considerar, aumentaram o interesse dos investigadores por metodologias mistas a partir de meados dos anos 1990 (Creswell, & Clark, 2007, 2011). Como referem Tashakkori e Teddlie (1998), “o conceito de “triangulação de métodos” foi a cunha intelectual que eventualmente quebrou a hegemonia metodológica dos puristas do método único” (p. 41).

Os apologistas das metodologias mistas (a que têm sido atribuídas diferentes designações como, quantitativo e qualitativo / multimetodologia / desenho de métodos mistos / métodos mistos / investigação combinada / triangulação metodológica) (Creswell, & Clark, 2007, 2011), têm salientado a sua importância por permitirem obter um retrato mais completo dos comportamentos e experiências humanas, ao utilizarem métodos e instrumentos variados (Morse, 2003), cada um com as suas valências. Assim, um estudo que utilize uma metodologia mista permite, de acordo com os autores antes mencionados, uma melhor compreensão dos problemas a investigar, quando comparada com a adoção das abordagens exclusivas, mais tradicionais.

De acordo com Creswell e Clark (2007, 2011), as metodologias mistas constituem uma nova perspectiva metodológica, ainda que, já há alguns anos, existam estudos de natureza quantitativa e qualitativa, na procura de solução para um mesmo problema. No entanto, atualmente, os métodos de análise e tratamento dos dados recolhidos através das abordagens metodológicas mistas, têm sido encarados de outra forma, existindo uma tendência para estabelecer conexões entre informações de natureza diferente, o que raramente sucedia até aqui, quando esses resultados eram tratados e apresentados de forma isolada, como se de investigações diferentes se tratasse. Os mesmos autores

referem, ainda, que atualmente existem alguns planos de investigação específicos, bem como um sistema de notação próprio, o que tem permitido apoiar quem defende o estatuto de uma terceira via investigativa através da utilização de metodologias mistas.

As metodologias mistas, denominação que adotámos neste trabalho, correspondem a processos de investigação faseados que se orientam por um paradigma pragmático, ainda que possam ser adotados paradigmas diferentes, dependendo da tipologia do estudo, e que combinam métodos habitualmente associados às pesquisas de natureza quantitativa e de natureza qualitativa (Hesse-Biber, 2010; Tashakkori, & Teddlie, 1998). Assim, os investigadores acederão a informação quantitativa, através da utilização de instrumentos, como os questionários ou testes, que permitem avaliar atitudes, comportamentos ou desempenhos, e a informação qualitativa, com ênfase na descrição detalhada de fenómenos, recolhida através de observação e de entrevistas. Usualmente, o primeiro daqueles tipos de dados, é sujeito a procedimentos de análise estatística e o segundo, a análises de conteúdo.

Já mencionámos que, frequentemente, se refere que as metodologias mistas apresentam vantagens diversas relativamente a outras. Segundo Creswell e Clark (2007, 2011), que mencionam algumas delas, as metodologias mistas podem ser úteis na procura de respostas para questões que impliquem dados quantitativos e qualitativos, como, por exemplo, “O que explica os resultados quantitativos do estudo?”. Neste caso, pode-se recorrer ao uso de informações de natureza qualitativa que possam ajudar a esclarecer ou a aprofundar os dados quantitativos obtidos numa primeira etapa da investigação ou vice-versa. Esta vantagem, por se enquadrar no tipo de estudo que delineámos, foi um dos motivos por que decidimos optar por uma metodologia mista.

3.3.2 Tipo de desenho utilizado

Nas metodologias mistas existem diversas possibilidades de combinação das abordagens quantitativa e qualitativa. Podem, assim, estabelecer-se diferentes modelos ou desenhos de investigação, que representam formas distintas de planear e conduzir uma metodologia mista,

Os desenhos de investigação correspondem a procedimentos para recolha, análise, interpretação e apresentação de dados em estudos de investigação. Eles representam diferentes modelos de fazer investigação, e estes modelos têm nomes e procedimentos distintos a eles associados (Creswell, & Clark, 2007, p. 58).

Segundo estes autores, há três aspetos fundamentais a considerar, no momento da seleção do desenho que se pretende implementar. O primeiro relaciona-se com a calendarização/sequência das formas de inquérito – quantitativa e qualitativa; o segundo aspeto prende-se com a ênfase a dar a cada uma daquelas formas de inquérito, ou seja, deve-se decidir sobre a importância relativa que os métodos quantitativos ou qualitativos devem ter no estudo, em função das questões e dos objetivos propostos; o terceiro relaciona-se com a forma como se apresentam os resultados.

Atendendo aos aspetos referidos, passamos a descrever o desenho configurado para a investigação desenvolvida. Em termos de calendarização/sequência, foram concebidas duas fases.

A primeira fase, de índole quantitativa e qualitativa, compreendeu duas etapas. Na etapa 1, de natureza quantitativa, pretendemos efetuar um levantamento, através da implementação de um questionário, de algumas conceções de professores de Biologia e Geologia, do ensino secundário, sobre a natureza da ciência e sobre diferentes aspetos relativos à argumentação científica e a um ensino das ciências intencionalmente orientado para o desenvolvimento da argumentação dos alunos. A segunda etapa, qualitativa, consistiu na formação de um grupo focal, com um total de sete professores, de entre os que responderam ao questionário aplicado na etapa 1, e teve por finalidade compreender, com maior profundidade, alguns dos resultados obtidos no questionário, bem como procurar responder a questões que surgiram da análise dos dados quantitativos.

A fase II constou de dois estudos de caso, em que se efetuou um acompanhamento, durante um ano escolar, de duas docentes que participaram no grupo focal, a fim de descrever, analisar e interpretar o seu trabalho letivo orientado para a implementação de práticas que intencionalmente pretendiam desenvolver a argumentação científica dos alunos. Assim, os objetivos de cada uma destas fases e etapas são diferenciados das restantes, ainda que todas elas sejam interdependentes, conforme está esquematizado na Figura 8, correspondente ao plano que foi implementado.

Os dados quantitativos constituíram-se como corpo de resultados suplementares (Morse, 2003). Estes resultados permitiram-nos elencar alguns dos aspetos a abordar nas entrevistas de grupo focal, uma vez que se pretendeu perceber que interpretações dariam os professores, que nele participaram, aos resultados obtidos através do questionário e que conceções possuíam sobre algumas das temáticas nele abordadas. Segundo Hesse-Biber (2010), um investigador pode decidir “usar um desenho sequencial utilizando, em

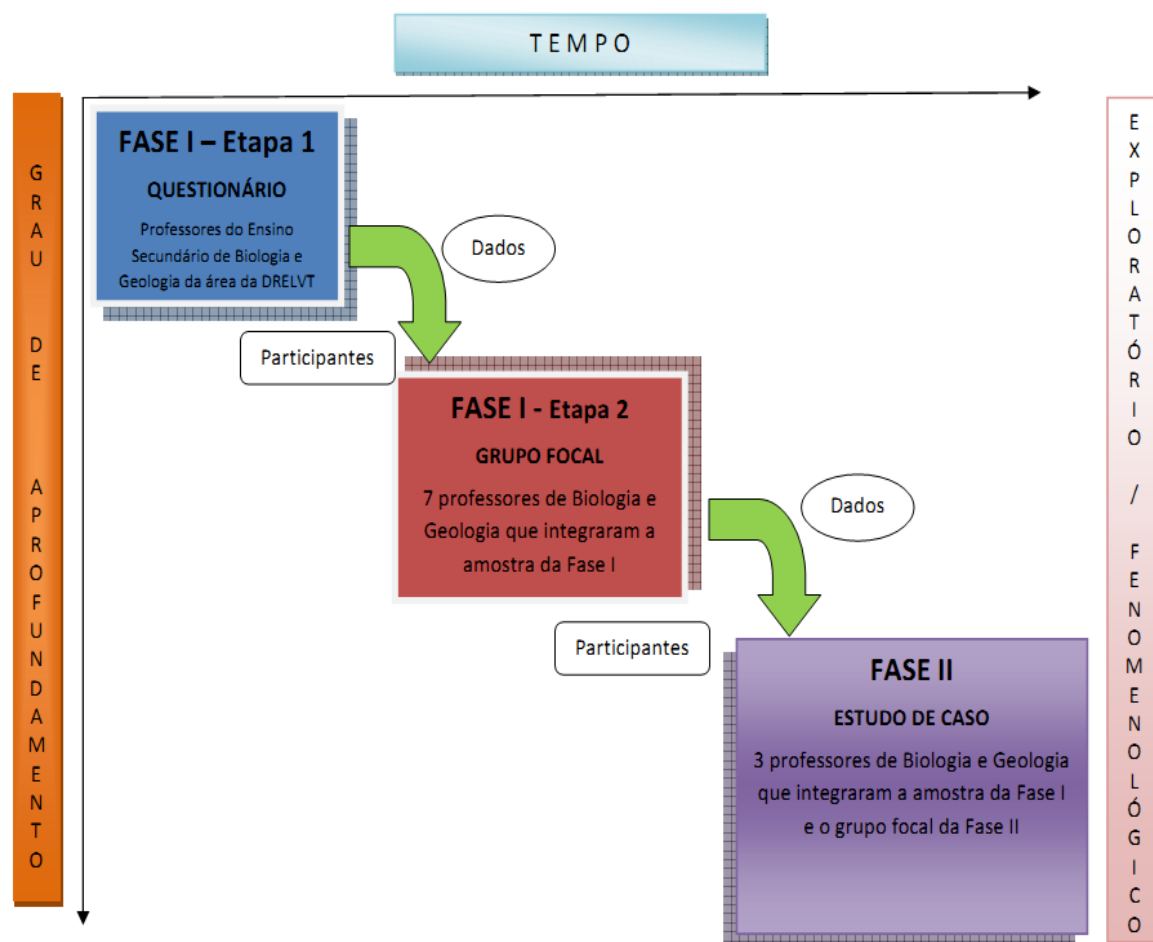


Figura 8 - Representação esquemática do plano de investigação

primeiro lugar, um estudo quantitativo, para que possa perspetivar que resultados parecem relevantes e dignos de uma exploração em maior profundidade” (p. 53).

Assim, optámos por um processo de recolha sequencial de dados, tendo sido obtidos inicialmente resultados de natureza quantitativa, seguido da recolha de dados qualitativos. A ênfase do estudo foi qualitativa, situando-se os resultados quantitativos num plano secundário, ainda que com importância a nível de elaboração de instrumentos de recolha de informação qualitativa, como os guiões das entrevistas do grupo focal. Os dados quantitativos, obtidos na etapa inicial, foram incorporados na componente qualitativa. Atendendo a uma notação desenvolvida em relação a modelos de implementação de metodologias mistas (Creswell, & Clark, 2007, 2011), teremos, no âmbito deste trabalho: QUAL(quant). As letras maiúsculas determinam o domínio dos métodos qualitativos face aos quantitativos e o parêntesis permite indicar que se trata de

uma investigação em que os resultados quantitativos se encontram incorporados na vertente qualitativa.

Existem, de acordo com Creswell e Clark (2011), seis grandes tipos de desenho nas metodologias mistas: triangulado (*triangulation design*), incorporado (*embedded design*), explanatório (*explanatory design*), exploratório (*exploratory design*), transformativo (*transformative design*) e multifásico (*multiphase design*). Atendendo às características deste trabalho, consideramos que o mesmo seguiu um modelo incorporado, ainda que com algumas características comuns ao desenho explanatório e ao multifásico. Esta nossa perspetiva atende a algumas das principais características do estudo que se enquadram no modelo incorporado: (1) há um predomínio qualitativo na investigação; (2) há um conjunto de dados quantitativos suplementares que foram integrados no estudo principal, de natureza qualitativa; (3) para questões diferentes, houve necessidade de proceder à recolha de informação de natureza diferente; (4) a investigação foi planeada de acordo com duas fases metodológicas principais. A Figura 9, segundo Creswell e Clark (2007), é uma possível representação esquemática do modelo que implementámos.

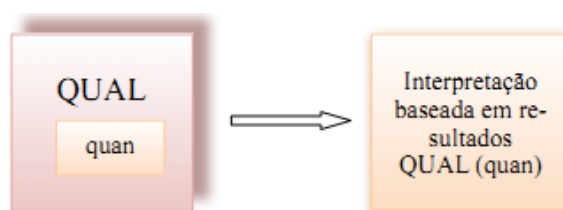


Figura 9 - Desenho incorporado (*Embedded design*)

(Creswell, & Clark, 2007)

Em síntese, podemos referir que a recolha de dados foi sequencial e que os dados quantitativos foram incorporados no estudo mais alargado de natureza qualitativa. A componente qualitativa da investigação, que compreendeu um grupo focal e dois estudos de caso, foi dominante, em termos de enfoque, relativamente à componente quantitativa, cujos resultados obtidos desempenharam um papel claramente secundário. De acordo com Hesse-Biber (2010), “Ao incorporar a intervenção quantitativa num estudo qualitativo principal, os investigadores estão capacitados para acederem a novas informações através do uso de outro método. Ambas as componentes, quantitativa e qualitativa, deste projeto atuam ao serviço da abordagem qualitativa.” (p. 116). Segundo o mesmo autor, através da utilização deste desenho metodológico, consegue-se obter uma compreensão mais

alargada dos significados que são atribuídos, pelos participantes, ao fenómeno específico que se pretende investigar que é, afinal, o grande objetivo deste trabalho.

3.4 Caracterização das fases da investigação

A presente investigação é constituída por duas fases principais: Fase I, constituída por duas etapas, a que correspondeu uma recolha de dados de natureza quantitativa (etapa 1) e qualitativa (etapa 2), relacionada com o estudo das concepções dos docentes sobre a argumentação científica e a educação em ciência e a Fase II, de natureza, exclusivamente, qualitativa, na qual se procurou analisar as práticas pedagógicas de duas docentes. Em seguida, caracteriza-se, com mais pormenor, cada uma das referidas fases e etapas.

3.4.1 Fase I – Etapa 1

Para a etapa 1, elaborámos um questionário com a finalidade de fornecer informações relacionadas com as concepções dos professores do ensino secundário, de Biologia e Geologia, sobre (1) argumentação científica; (2) aspetos relativos à natureza da ciência e (3) sobre a forma como percebem um ensino de ciências orientado para o desenvolvimento da argumentação dos alunos. Estes dados seriam, posteriormente, aprofundados, com um grupo de docentes que tivesse participado nesta primeira etapa. A opção pela construção de um questionário prendeu-se com o facto de a sua utilização permitir recolher dados em quantidade, pelo que poderíamos obter informação mensurável e estruturada, sobre as variáveis em estudo e representativa de um conjunto alargado de docentes. Apresentou-se-nos como vantajosa a utilização de escalas de atitudes e de avaliação, o que permite que as informações obtidas possam ser transformadas em números, ou seja, quantificadas, podendo-se apresentar os resultados através de dados de frequência, o que nos permite conhecer, de forma simples e imediata, o número de indivíduos que deram determinada resposta, para posterior análise e discussão durante a etapa 2, desta mesma fase, que consistiu na formação de um grupo focal.

3.4.1.1 Construção e estudo piloto do questionário

De acordo com Oppenheim (2004), a elaboração de um questionário obedece a um de dois objetivos: há os que são construídos com a finalidade de estabelecer relações causais entre variáveis e os que pretendem estabelecer a frequência na amostra de uma dada resposta ou caracterizar, através dessa frequência, quantas vezes ocorrem certos acontecimentos, isolada ou conjuntamente, não estando desenhados para estabelecer explicações ou relações causais entre variáveis. O questionário que construímos teve esta última finalidade, relacionada com o que aquele autor denomina como desenho descritivo ou enumerativo.

Em termos de estrutura, o questionário (Apêndice I), está constituído por quatro partes, num total de 60 itens. A parte I, que inclui um total de nove itens, teve por finalidade caracterizar os inquiridos, em termos sociodemográficos. Para tal, foram usadas as seguintes variáveis: sexo, idade, número de anos de serviço docente, categoria profissional, área científica na formação inicial, habilitação académica mais elevada, habilitação profissional e disciplinas do ensino secundário lecionadas nos dois últimos anos.

A parte II, constituída por 26 itens pretendeu dar-nos a conhecer concepções acerca de algumas dimensões da natureza da ciência que possuíam os inquiridos. Pareceu-nos relevante incluir esta vertente no questionário, atendendo ao papel essencial que a argumentação tem na construção do empreendimento científico, pelo que considerámos que perceber as concepções de professores sobre esta temática, poderia contribuir para ajudar a compreender melhor o papel e a importância que os mesmos atribuíam (ou não) a um ensino das ciências orientado para o desenvolvimento da argumentação. Esta segunda componente do questionário encontra-se constituída por quatro secções (A, B, C, D), cada uma delas focando-se em diferentes dimensões da natureza da ciência: a secção A, de seis itens, relacionada com a natureza do conhecimento científico, a secção B, de seis itens, com a produção do conhecimento em ciência, a secção C, de sete itens, com a validade e fiabilidade (ou fidedignidade) do conhecimento científico e a secção D, de sete itens, com o papel que os cientistas desempenham na produção desse mesmo conhecimento. Esta parte II do questionário corresponde a uma adaptação de um instrumento construído e validado por Sampson e Clark (2006a). Este instrumento, denominado *Nature of Science as Argument Questionnaire* (NSAAQ), foi apresentado na

conferência de 2006, da *National Association of Research in Science Teaching* (NARST 2006). O NSAAQ foi construído com o objetivo de identificar as crenças epistemológicas acerca da natureza da ciência, de alunos do 12º ano (K-12) e de as relacionar com o papel que a argumentação desempenha na construção e na avaliação do conhecimento científico. Apesar de termos consciência de que a população alvo da investigação realizada por Sampson e Clark (2006a) era diferente daquela a quem se dirige o questionário que construímos, considerámos as publicações que têm relatado que as concepções sobre a natureza da ciência, entre alunos e professores, são bastante aproximadas (Fernández et al., 2002; Lederman, 2007; Lederman, & Abd-El-Khalick, 2000).

O instrumento, nas palavras dos seus autores, permite

medir e caracterizar o compromisso epistemológico individual sobre: (a) a natureza do conhecimento científico; (b) os métodos que podem ser utilizados para produzir conhecimento científico; (c) a avaliação do conhecimento científico; e (d) se a ciência é, ou não, uma prática incorporada cultural e socialmente. (Sampson, & Clark, 2006a, p.1).

Salientamos que nos decidimos pela utilização do questionário construído por aqueles autores, pela ligação que eles estabeleceram entre a argumentação e a construção do conhecimento em ciência. Na tradução, a partir do instrumento original, foi nossa preocupação tentar respeitar a terminologia e a escala de avaliação nele incluída. A versão adaptada para língua portuguesa foi validada por dois docentes da área da Didática das Ciências. Solicitámos, ainda, a colaboração de uma docente de Português, do ensino secundário, e investigadora na área da Educação, para a validação do questionário, em termos linguísticos.

A escala utilizada para quantificar as respostas dos inquiridos, nos diferentes itens desta parte do questionário, baseia-se numa outra, desenvolvida por Halloun (1996), num estudo que este autor efetuou sobre visões acerca da ciência e aproveitamento dos alunos, na disciplina de Física. É uma escala que o autor designa de *Contrasting Alternative Designs* e que se assemelha a uma escala de diferencial semântico (Tuckman, 1994; Vilelas, 2009). Esta escala surge no instrumento produzido por Sampson e Clark (2006a), por permitir, de acordo com os autores, uma maior validade nos resultados obtidos, pois em vez dos inquiridos se pronunciarem unicamente em termos concordantes ou discordantes com uma dada afirmação, são antes levados a comparar duas perspetivas teóricas diferentes, não necessariamente excludentes, sobre a natureza da ciência, e por se ajustar a uma situação em que o número de indivíduos a inquirir é elevado. Quando a

amostra é de dimensão considerável, há dificuldade em analisar questões que contemplem uma resposta aberta, particularmente quando a abordagem de um assunto exige a colocação de questões de elevada complexidade. Assim, para facilitar a recolha de grande quantidade de informação, num curto período temporal, o recurso a questionários com questões de resposta fechada revelam-se de grande utilidade. Quivy e Campenhoudt (1998), referem, nomeadamente que,

Dado o grande número de pessoas geralmente interrogadas e o tratamento quantitativo das informações que deverá seguir-se, as respostas à maior parte das perguntas são geralmente pré-codificadas, de forma a que os entrevistados devam obrigatoriamente escolher as suas respostas entre as que lhes são formalmente apresentadas. (p. 182).

Numa escala de diferencial semântico, cabe ao inquirido selecionar a opção que o situa atitudinalmente perante pares de adjetivos bipolares ou antónimos (Cohen, Manion, & Morrisson, 2007; Tuckman, 1994; Vilelas, 2009). No caso da escala apresentada na parte II do questionário, para cada item das diferentes secções, são apresentados dois pontos de vista (A e B) sobre aspetos relativos à natureza do empreendimento científico. Estes aspetos evidenciam concepções da natureza da ciência que estão mais próximas de uma visão alternativa ou de uma visão consistente (Sampson, & Clark, 2006a). A visão alternativa representa uma perspetiva mais conservadora ou ingénua sobre a natureza da ciência, enquanto a visão consistente está mais próxima de uma concepção pós-positivista de ciência, na qual se valoriza a explicação e a argumentação na construção do conhecimento. Ao confrontarem-se com os pontos de vista A e B, presentes em cada um dos itens que constam do questionário, os inquiridos foram levados a selecionar, numa escala que compreende 5 níveis, aquele que melhor descrevia o seu posicionamento em função das suas crenças.

Na parte III do questionário, pretendeu-se que os professores se posicionassem face ao papel e importância da argumentação científica no ensino das ciências, em particular no ensino da Biologia e Geologia, bem como a sua relevância na construção da ciência. Estas afirmações procuram refletir algumas das áreas de interesse no domínio da investigação sobre argumentação no ensino das ciências evidenciadas em textos de referência sobre este assunto (Erduran, & Jiménez-Aleixandre, 2008). Os itens foram formulados com a intenção de perceber qual o posicionamento dos docentes inquiridos face a quatro dimensões relacionadas com o ensino e aprendizagem das ciências orientada para o desenvolvimento da argumentação científica: (a) a relevância social de uma

educação em ciência orientada para o desenvolvimento da argumentação (itens 36, 37 e 40); (b) o conceito de argumentação científica (itens 38, 41, 42, 45 e 49); (c) a implementação de um ensino das ciências orientado para o desenvolvimento da argumentação (itens 43, 46, 51, 53, 54, 56 e 58); (d) a aprendizagem das ciências orientada para o desenvolvimento da argumentação (itens 39, 44, 47, 48, 50, 52, 55 e 59). As afirmações apresentadas no questionário, estão interrelacionadas pelo que, por vezes, se tornou complexa a decisão de incluir um dado item, numa ou noutra dimensão, principalmente nas que abordam os processos de ensino e de aprendizagem das ciências orientados para o desenvolvimento da argumentação, uma vez que são processos complementares. No entanto, isto não invalida que haja algumas especificidades intrínsecas a cada um deles, o que nos levou a apresentar a categorização explicitada. Para cada um dos itens foi solicitado aos inquiridos que se posicionassem em relação a uma escala de Likert, com 4 níveis: 1 – Discordo; 2- Inclinado a discordar; 3 – Inclinado a concordar; 4 – Concordo. As escalas de Likert são utilizadas para “registar o grau de concordância ou de discordância com determinada afirmação sobre uma atitude, uma crença ou um juízo de valor “ (Tuckman, 1994, p. 280). Frequentemente, esta escala apresenta cinco níveis que, no caso presente, corresponderia a uma situação intermédia de não compromisso do inquirido em relação à afirmação, permitindo-lhe não concordar nem discordar da afirmação. Optámos por uma escala de quatro níveis, para evitar o efeito de distorção de resposta que poderia levar a que um conjunto de inquiridos assumisse a indecisão da sua posição.

Na construção dos itens de resposta fechada, outras precauções foram tidas em conta, para tentar evitar outras possibilidades de distorção de resposta. Uma delas foi a inversão da direção, afirmativa ou negativa, de alguns itens, para evitar que o inquirido, de forma automática e irrefletida, respondesse sempre utilizando o mesmo nível da escala (Tuckman, 1994). De acordo com este autor, esta distorção da resposta, por aquiescência, pode levar a que o inquirido escolha sempre a mesma resposta devido a aborrecimento, desinteresse, ou mesmo hostilidade, pelo que “os sujeitos não vão induzir-nos em engano, como sendo extremamente positivos ou negativos, dado que as respostas aos itens escritos numa direção vão anular ou neutralizar os itens escritos noutra direção” (Tuckman, 1994, p. 332). Assim, os itens 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51 e 59 encontram-se redigidos pela negativa, em oposição aos restantes que estão expressos numa perspetiva afirmativa. Em relação à parte II do questionário, este aspeto também foi considerado, não

na elaboração das afirmações, mas na disposição em relação ao ponto de vista A e B. Assim, se, por vezes, encontramos afirmações cujo conteúdo se enquadra numa visão alternativa, no ponto de vista A (por ex.: itens 30 e 32, da secção D), para outras afirmações que apelam a esse mesmo tipo de visão, a sua localização encontra-se no ponto de vista B (por ex.: itens 29 e 33, da secção D), o mesmo ocorrendo para o caso das afirmações correspondentes a uma visão consistente.

O instrumento que elaborámos é constituído, na sua quase totalidade, por itens de resposta fechada. Este tipo de itens apresenta algumas vantagens, como o serem mais fáceis de responder, ao não exigirem um processo de escrita, que pode ser extenso (Oppenheim, 2004). Pode, ainda, contribuir para facilitar a resposta e pode proporcionar a devolução de uma quantidade maior de questionários preenchidos, para além de permitir análises estatísticas de uma forma simples, uma vez que a quantificação é linear. No entanto, há também um conjunto de eventuais desvantagens, como sejam, entre outras: a perda de espontaneidade e da expressividade das respostas, pois estas são induzidas por serem apresentadas as diferentes possibilidades de escolha; a informação disponibilizada pelos inquiridos ser pobre, pois sem que seja requerida uma justificação para a seleção efetuada, nunca viremos a perceber o que orientou a escolha da resposta; há, ainda, a possibilidade das respostas serem enviesadas pois os indivíduos são forçados a escolher uma resposta que não foi produzida por eles, mas que lhes foi apresentada como hipótese (Oppenheim, 2004; Tuckman, 1994).

As diferentes desvantagens referidas, levou-nos a considerar elaborar, na última parte do questionário, uma pergunta de resposta aberta. Este tipo de perguntas também apresenta desvantagens, como serem mais exigentes para os inquiridos, por implicarem a redação de um texto, que nem sempre se revela simples e imediata; por consumirem tempo na sua elaboração ou, ainda, por exigirem um método de análise de conteúdo das respostas que implica a construção de um esquema de codificação, que é, na maioria das vezes, de elevada complexidade (Oppenheim, 2004; Vilelas, 2009). No entanto, permite uma maior liberdade e espontaneidade do inquirido, com recurso à sua própria linguagem, e o acesso a informação, geralmente mais rica e pormenorizada do que no caso das respostas fechadas. A parte IV do questionário propõe aos inquiridos, o desafio de comentar a afirmação “É mais fácil argumentar sobre assuntos científicos polémicos do que sobre assuntos científicos consensuais”. Esta afirmação é propositadamente ambígua, pois por um lado apresenta-nos o conhecimento científico em duas vertentes: consensual

versus polémica e qualifica subjetivamente um processo de argumentação como “fácil”. Com esta afirmação pretendemos, por um lado, perceber que conceções de argumentação científica possuem os inquiridos e, por outro, como relacionam a argumentação com a natureza, polémica ou consensual, do conhecimento científico.

A descrição que até aqui efetuámos, refere-se à versão final do questionário, que foi distribuída à amostra. No entanto, esta versão final não corresponde, integralmente, à versão inicial (Apêndice II) que foi alvo de um estudo piloto. A pilotagem de um questionário é fundamental, pois

Para nos assegurarmos de que as perguntas serão bem compreendidas e as respostas corresponderão, de facto, às informações procuradas é imperioso testar as perguntas. Esta operação consiste em apresentá-las a um pequeno número de pessoas pertencentes às diferentes categorias de indivíduos que compõem a amostra (Quivy, & Campenhoudt, 1998, p. 182).

De acordo com Oppenheim (2004), num questionário, tudo deve ser alvo de pilotagem, desde a redação das perguntas abertas e das questões fechadas, à formulação das alternativas de resposta, ao aspeto gráfico, passando pela codificação e quantificação das respostas às perguntas abertas, entre outros aspetos. Foi desta forma que tentámos atuar. Seleccionámos um grupo de dez docentes do grupo de Biologia e Geologia (seis dos quais a lecionar no ensino secundário, e quatro a lecionar no ensino básico, mas com experiência de lecionação ao nível do ensino secundário), para realizar a testagem à versão piloto do questionário. O estudo piloto foi desenvolvido com participantes que apresentavam características sociodemográficas próximas das da amostra real da investigação (Cohen, Manion, & Morriison, 2007; Oppenheim, 2004; Tuckman, 1994; Vilelas, 2009). A sua principal finalidade consistiu em “remover as deficiências do questionário, diagnosticando e corrigindo essas imperfeições” (Tuckman, 1994, p. 336).

Para a constituição da amostra piloto, contactámos pessoalmente alguns professores de Biologia e Geologia a fim de sabermos da sua disponibilidade para participar neste estudo. A oito dos dez professores foi entregue, para além da versão piloto do questionário, um documento (Apêndice III), em que constava o objetivo principal da investigação e o que se pretendia com a atividade proposta. No caso dos restantes dois elementos da amostra piloto, foi efetuada uma entrevista individual, no final do preenchimento do questionário, que abordou fundamentalmente as dúvidas de interpretação que ocorreram durante aquele processo. Essas dúvidas foram registadas para futura análise da redação, conteúdo e relevância desses itens. Em relação aos outros

oito participantes, foi-lhes solicitado que referissem, por escrito, o tempo que tinha sido empregue no preenchimento do questionário, que comentassem sobre a clareza das instruções e dos itens propostos ou, ainda, que apresentassem outro tipo de sugestões ou comentários sobre qualquer aspeto referente ao questionário. O tempo que os participantes da amostra piloto levaram a completar o questionário foi muito variável, desde 30 minutos (mínimo) a 60 minutos (máximo), sendo que, a maioria o preencheu em 40/45 minutos. Relativamente à clareza das instruções, a maioria considerou que as mesmas não levantavam dúvidas, tendo, no entanto, sido sugeridas, por duas participantes, algumas alterações pontuais que considerámos pertinentes. Foram, assim introduzidos pequenos ajustamentos na versão final, em relação às instruções das tarefas do questionário, como se pode constatar a partir de uma comparação entre as duas versões (piloto e final, apêndices I e II, respetivamente).

Relativamente aos diferentes itens, houve necessidade de efetuar algumas alterações, particularmente nas afirmações constantes da parte III, uma vez que na parte II, os professores da amostra piloto não teceram, na generalidade, críticas ao conteúdo das mesmas. Os professores referiram, no entanto, que a resposta a cada um dos itens exigia reflexão, pelo que a resposta não era tão imediata quanto seria expectável. Após a análise das sugestões apresentadas pelos professores, optou-se pela eliminação do item 55 e por alterações no conteúdo dos itens 40, 45, 54 e 57 (versão piloto). Para além das alterações referidas, foi introduzido um novo item, na parte I do questionário, a solicitar a categoria profissional do inquirido (professor do quadro ou professor contratado). Esta introdução esteve relacionada com a necessidade de conhecer a situação profissional dos docentes, pois a continuidade do estudo poderia ficar dependente de um professor cuja situação profissional não fosse estável, o que poderia comprometer a sua participação na fase seguinte.

Tendo consciência de que numa investigação com maior ênfase quantitativa ou em que fosse decidido efetuar inferências a partir dos resultados, seria necessário dedicar mais atenção a esta etapa de pilotagem do instrumento, nomeadamente apresentando esta nova versão a um outro conjunto de professores, optámos por introduzir as alterações referidas, de acordo com os comentários dos participantes da amostra piloto, sem mais diligências, por se tratar de um questionário de tipo exploratório. Após as alterações efetuadas, submetemos à consideração da Direcção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular (DGIDC) – atual DGE (Direcção-Geral de Educação) – o pedido

de autorização para distribuição do questionário aos estabelecimentos de ensino secundário, uma vez que tal é exigido pelo Ministério da Educação. Em dezembro de 2009, foi solicitada a respetiva autorização, que foi concedida no início de janeiro de 2010, com duas observações aduzidas (Apêndice IV), em relação a itens da parte I: em vez do termo “género” do item 1, deveria utilizar-se “sexo”; as questões relativas à “idade” (item 2) e “tempo de serviço” (item 3) deveriam considerar uma resposta aberta. Acedemos à primeira daquelas sugestões; no entanto, mantivemos a escala de intervalos prevista para os restantes dois itens, por não concordarmos com a sugestão e porque a escala de intervalos construída facilitava a codificação inicialmente prevista. Para além destes aspetos, seguimos a recomendação presente em Oppenheim (2004), que refere ser aquele tipo de escala, a melhor forma de ultrapassar a dificuldade que, por vezes, os inquiridos revelam, de não quererem assumir a sua idade absoluta, em inquéritos. Assim, alguns dos participantes sentem-se mais confortáveis quando referem a sua idade, através de uma escala de intervalos. Salientamos que comunicámos, oralmente, à DGIDC a nossa posição fundamentada, face às observações registadas no documento que autoriza a administração do questionário.

3.4.1.2 População e amostra

A população de um estudo corresponde ao grupo de todos os indivíduos que se enquadram dentro de uma dada categoria sobre a qual incide o mesmo. No caso presente, a população correspondeu ao conjunto de docentes do grupo de recrutamento de Biologia e Geologia, do ensino secundário, que lecionavam nos estabelecimentos de ensino da área geográfica de abrangência da DRELVT, no ano letivo de 2009/2010. A decisão de circunscrever a população a esta área regional ficou a dever-se a um critério de maior proximidade geográfica com a instituição na qual se desenvolveu a investigação.

Um dos primeiros desafios que se seguiu a esta definição, relacionou-se com a quantificação da população, pois não dispúnhamos de informações relativamente ao número de docentes daquele grupo de recrutamento, por cada escola com cursos do ensino secundário regular, designados por cursos científico-humanísticos¹. Atendendo ao número elevado de estabelecimentos de ensino, em que se lecionavam aqueles cursos, na área geográfica definida – 134 escolas – afigurou-se-nos uma tarefa árdua e consumidora

¹ Há dois estabelecimentos de ensino secundário, no concelho de Lisboa, nos quais não são lecionados estes cursos, pelo que os docentes dessas escolas não integraram a população alvo.

de tempo, o contacto pessoal com cada estabelecimento de ensino para determinar, com exatidão a dimensão da população, no ano letivo de 2009/2010. Assim, contactámos o Gabinete de Estatística e de Planeamento da Educação – GEPE – do Ministério da Educação e Ciência (MEC), para saber se poderíamos aceder à informação pretendida. Os últimos dados existentes naquele organismo e que nos foram facultados diziam respeito ao ano letivo de 2007/2008. No entanto, considerando que fomos informados que o número de docentes, por escola, desde esse ano letivo até ao de 2009/2010, se mantinha quase inalterável, existindo pequenas variações, considerámos a população com um total de 1293 professores, com referência ao ano letivo de 2007/2008.

Em estudos quantitativos exploratórios não é necessária a aplicação de instrumentos a uma amostra representativa, pois não há intenção de generalizar os resultados, da amostra para a população. No entanto, decidimos construir uma amostra representativa, pois tínhamos interesse em saber que concepções tem um grupo alargado de docentes sobre a temática em análise e por considerarmos que essas informações, ainda que suplementares, seriam relevantes para a próxima etapa, pelo que uma maior representatividade estatística daria uma maior confiabilidade aos resultados.

Atendendo a estes pressupostos, decidimos construir uma amostra probabilística, por *clusters*. Esta decisão foi fundamentada no facto das escolas da DRELVT se encontrarem distribuídas por áreas geográficas, que o MEC designava por Equipas de Apoio às Escolas, que na sua maioria, correspondiam a agrupamentos de escolas, por área concelhia. A amostragem por *clusters* ocorre quando se constituem subconjuntos da população com base em um ou mais atributos, e quando a população é de dimensão elevada, pelo que uma amostragem aleatória simples se revela ineficaz, colocando-se problemas de administração do questionário (Cohen, Manion, & Morrisson, 2007). A distribuição por zonas ou áreas geográficas é uma das situações que mais frequentemente conduz ao processo de amostragem adotado. Na área da DRELVT, existiam 9 equipas de apoio às escolas. Estas áreas geográficas (*clusters*) agrupavam as escolas, por concelhos, conforme a relação que se apresenta (foram apenas consideradas as escolas com cursos científico-humanísticos do ensino secundário):

- 1 – Lisboa, total de 20 escolas;
- 2 - Sintra e Mafra, total de 10 escolas;
- 3 - Amadora, Cascais e Oeiras, total de 22 escolas;
- 4 - Loures, Odivelas e Vila Franca de Xira, total de 15 escolas;

5 - Azambuja, Almeirim, Alpiarça, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior, Salvaterra de Magos e Santarém, total de 9 escolas;

6 - Abrantes, Alcanena, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Ourém, Sardoal, Tomar, Torres Novas e Vila Nova da Barquinha, total de 13 escolas;

7 - Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos, Peniche, Sobral de Monte Agraço e Torres Vedras, total de 11 escolas;

8 - Almada, Seixal, Barreiro e Moita, total de 22 escolas;

9 - Alcochete, Montijo, Palmela, Sesimbra e Setúbal, total de 12 escolas.

A amostra inicial foi constituída tendo por base a percentagem relativa do número de docentes de Biologia e Geologia, nas áreas geográficas atrás discriminadas. Assim, o número total de docentes por *cluster*, e a percentagem relativa respetiva, a considerar na amostra, é a que consta da Tabela 7.

Tabela 7

Distribuição e percentagem relativa dos docentes de Biologia e Geologia pelas áreas geográficas (clusters)

Áreas geográficas (Clusters)	Nº total de docentes de Biologia e Geologia	Percentagem relativa na amostra
1	189	14,6
2	211	16,3
3	155	12
4	141	10,9
5	74	5,7
6	100	7,7
7	89	6,9
8	209	16,2
9	125	9,7
Totais	1293	100

Pretendendo constituir uma amostra alargada e atendendo a que para uma população total de 1293 indivíduos, é necessário constituir uma amostra mínima de 305 participantes, para um grau de confiança de 95%, decidimos remeter um número total de questionários que correspondesse quase ao dobro – 600 questionários. O número de

questionários enviados, teve em atenção o “efeito do atrito” e da “mortalidade respondente”, pois alguns potenciais participantes não devolvem os questionários.

É aconselhável sobrestimar, em vez de subestimar, a dimensão da amostra requerida (Cohen, Manion, & Morriison, 2007). Estes mesmos autores referem que em casos em que os questionários são remetidos por via postal, sem que haja um contacto pessoal entre o investigador e os inquiridos, a percentagem de devolução de questionários pode ser dramaticamente diminuta (podendo atingir apenas 10%, do número total de questionários enviados). Esta pode ser uma das desvantagens de estudos cujo instrumento de recolha de dados é um questionário, pois, por vezes, há taxas baixas de devolução que conduzem a resultados enviesados, uma vez que a amostra deixa de ser representativa (Oppenheim, 2004).

Na Tabela 8, pode observar-se o número total de questionários remetidos aos estabelecimentos de ensino, por área geográfica (*cluster*), considerando a percentagem relativa de cada uma, na dimensão total da amostra. Houve, ainda, necessidade de seleccionar as escolas secundárias, dentro de cada *cluster*, para as quais seriam remetidos os questionários. Procedeu-se a uma amostragem aleatória, isto é, dentro de cada área geográfica foram sorteados, aleatoriamente, os estabelecimentos de ensino cujos docentes de Biologia e Geologia iriam integrar a amostra, até perfazer o número total de questionários que era necessário enviar.

Tabela 8

Número de questionários enviados e número total de escolas participantes, por área geográfica (cluster), na amostra inicial

Áreas geográficas (Clusters)	Nº total de questionários enviados	Nº total de escolas participantes
1	88	9
2	98	10
3	72	7
4	65	6
5	34	4
6	46	6
7	42	5
8	97	10
9	58	5
Total	600	62

Dos 224 questionários devolvidos: (a) 205 foram considerados “válidos” (correspondente a uma taxa de devolução de 37,3%); (b) 9 foram considerados “inválidos” e (c) 10 foram rececionados tardiamente. A validação dos questionários consistiu na análise às respostas dos itens 8 e 9, da Parte I do questionário, atendendo a que a única condição necessária para a validação era que o inquirido estivesse a lecionar o ensino secundário no ano letivo 2009/2010 ou tivesse lecionado esse nível de ensino num dos dois anos letivos imediatamente anteriores (2007/2008 e/ou 2008/2009).

Atendendo aos números apresentados, podemos constatar que o total de questionários validados se afasta do valor necessário para constituir uma amostra representativa, para um grau de confiança de 95%. Ainda que esse valor tivesse sido satisfeito teria, também, de ser respeitada a distribuição por área geográfica (*clusters*), o que não se verificou. Na Tabela 9, apresenta-se informação relativa ao número de escolas e de questionários devolvidos, por área geográfica (*cluster*).

Como podemos perceber através da leitura comparativa das Tabelas 8 e 9, apenas nas zonas geográficas 5 e 8, a percentagem relativa de professores que devolveram os questionários preenchidos se aproxima do valor determinado para a constituição da amostra inicial.

Tabela 9

Número de questionários validados e de escolas participantes, por área geográfica (cluster)

Áreas geográficas (<i>Clusters</i>)	Nº de questionários devolvidos e validados (% relativa na amostra final)	Nº de escolas que devolveram questionários
1	18 (8,8)	6
2	27 (13,1)	7
3	12 (5,9)	2
4	39 (19)	5
5	12 (5,9)	2
6	32 (15,6)	5
7	17 (8,3)	4
8	33 (16,1)	5
9	15 (7,3)	2
Total	205 (100)	38

Na Tabela 10, apresenta-se a caracterização da amostra final, em função do sexo dos inquiridos, tendo como referências as variáveis independentes que constam do questionário: idade, com 5 grupos; número de anos de serviço docente, com 7 grupos; categoria profissional, com 2 grupos; área científica de formação inicial, com 4 grupos e, por fim, habilitação profissional, com 4 grupos. Em alguns casos, houve participantes que não responderam a todos os itens. Assim, surgiu a necessidade, para as variáveis independentes respetivas, de criar um grupo designado como “Sem resposta”.

Tabela 10

Caracterização da amostra, em função do sexo dos participantes

Sexo	Feminino (n= 163)	Masculino (n= 35)	Sem resposta (n= 7)
Idade	%	%	%
≤ 25 anos	0,6	0,0	0,0
26-35 anos	14,7	34,3	14,3
36-45 anos	33,1	34,3	14,3
46-55 anos	40,0	28,5	42,8
≥ 56 anos	11,0	2,9	28,6
Sem resposta	0,6	0,0	0,0
Serviço Docente	%	%	%
≤ 5 anos	9,8	20,0	0,0
6-10 anos	6,8	5,7	14,3
11-15 anos	14,1	20,0	0,0
16-20 anos	13,5	14,3	14,2
21-25 anos	17,2	28,5	28,6
26-30 anos	19,0	8,6	14,3
≥ 56 anos	19,0	2,9	28,6
Sem resposta	0,6	0,0	0,0
Categoria profissional	%	%	%
Quadro	85,3	74,3	14,3
Contratado	14,7	25,7	85,7
Área científica (F. inicial)			
Biologia	59,5	34,3	57,1
Geologia	9,2	14,3	14,3
Biologia e Geologia	31,3	51,4	28,6
Outra	0,0	0,0	0,0
Habilitação académica	%	%	%
Bacharelato	0,6	0,0	0,0
Licenciatura	81,6	65,7	85,7
Mestrado	14,1	31,4	14,3
Doutoramento	0,6	0,0	0,0
Outra	3,1	2,9	0,0

(continua)

(continuação)

Habilitação profissional	%	%	%
Estágio clássico	5,5	2,9	0,0
Prof. em serviço	13,5	17,1	14,3
Ramo Formação Educ.	80,4	80,0	85,7
Outra	0,0	0,0	0,0
Sem resposta	0,6	0,0	0,0
Lecionação do Ens. Sec.	%	%	%
1 de 3 anos letivos	12,9	25,8	28,6
2 de 3 anos letivos	16,6	17,1	0,0
3 de 3 anos letivos	70,5	57,1	71,4

Apresentam-se, em seguida, algumas características da amostra final, que decidimos destacar:

- 79,5% dos inquiridos é do sexo feminino e 17% do masculino, sendo que 3,4% não identificou o sexo a que pertence;
- 71,1% está na faixa etária dos 36 aos 55 anos; a maioria dos inquiridos - 38,5% - tem entre 46 e 55 anos de idade;
- Os inquiridos do sexo masculino são mais jovens do que os do feminino, sendo que 68,6% daqueles, tem idades compreendidas entre os 26 e os 45 anos, enquanto 51% dos inquiridos femininos tem 46, ou mais, anos;
- 50,2% dos inquiridos tem mais de 20 anos de serviço docente, sendo este grupo constituído fundamentalmente por respondentes do sexo feminino (55,2% do total do sexo feminino);
- Em concordância com os números anteriores, os inquiridos masculinos, sendo mais jovens, têm menos experiência docente, tendo 45,7% até 15 anos de serviço docente, grupo que nos inquiridos femininos corresponde a 30,7%;
- Uma larga maioria – 83,4% - pertence aos quadros de nomeação definitiva, do Ministério da Educação e Ciência;
- A Biologia é a área de formação científica inicial de mais de metade dos participantes na amostra – 55,1%, seguindo-se-lhe a Biologia e Geologia e, por fim, com apenas 10,2%, a Geologia;
- A Biologia é a área de formação inicial da maioria dos inquiridos femininos (59,5%) e a de Biologia e Geologia é a dos masculinos (51,4%);

- 79,5% possui uma licenciatura como grau académico mais elevado, tendo 17,1% o grau de mestre e 0,6% (correspondente a um caso), o doutoramento. Há, ainda, 6% de professores com uma pós-graduação ou especialização;
- Como forma de aceder à profissionalização, 80,4% dos inquiridos femininos e 80% dos masculinos, concluíram uma licenciatura em ensino, através dos ramos de formação educacional existentes nas instituições de ensino superior;
- A grande maioria dos inquiridos – 66% - há três anos letivos consecutivos que lecionava disciplinas de Biologia e/ou Geologia, do ensino secundário.

3.4.1.3 Recolha de dados

O envio de questionários, por via postal, apresenta algumas vantagens, tais como, (1) o baixo custo na recolha da informação, (2) o evitar-se o enviesamento das respostas, que seria mais provável com a presença física do investigador e (3) a facilidade em chegar a inquiridos que estejam em locais afastados ou dispersos (Oppenheim, 2004).

A devolução de questionários depende de vários fatores (Vilelas, 2009) entre os quais a utilização de estratégias de reforço de que um investigador se pode socorrer. Assim, por exemplo, juntamente com o questionário podem seguir cartas explicativas cuja finalidade é motivar os inquiridos ao preenchimento e devolução do mesmo. Foi tendo em atenção este último aspeto que, juntamente com o questionário, decidimos incluir duas cartas, uma dirigida à direção da escola (Apêndice V) e outra ao coordenador de departamento curricular ou de grupo de recrutamento (Apêndice VI), nas quais se explicava, muito sumariamente, a sua finalidade e se apelava ao respetivo preenchimento e devolução. Alguns pontos focados nas cartas seguiram as recomendações apresentadas por Tuckman (1994) e Oppenheim (2004), nomeadamente a referência à confidencialidade da informação obtida, à autorização da distribuição do questionário pelo Ministério da Educação e Ciência e o apoio concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia na realização deste estudo. Para além disso, fixámos o prazo máximo de devolução dos questionários e demos oportunidade de esclarecimento de eventuais dúvidas, através do envio de mensagem de correio eletrónico (criámos um endereço de correio eletrónico propositadamente para este fim) ou de contacto telefónico. Juntamente com estes documentos, enviámos um envelope selado para facilitar a respetiva devolução, sem encargos financeiros para os inquiridos.

Uma última estratégia que utilizámos para tentar obter a maior quantidade possível de questionários devolvidos, consistiu em enviar uma mensagem de correio eletrónico dirigida ao diretor das escolas cujos questionários não tinham sido devolvidos, até uma semana após o prazo máximo estabelecido na carta enviada. Esta mensagem apelava à participação dos professores e referia que os resultados obtidos seriam devolvidos às escolas, para análise reflexiva, caso assim o entendessem fazer.

Para conseguirmos efetuar um controlo da devolução dos questionários, tivemos de recorrer a uma estratégia que facilmente nos permitisse identificar a escola de origem dos professores respondentes. Para tal, os questionários enviados foram marcados na última página, com um código que permitia identificar a respetiva escola. Ainda que o anonimato tenha sido parcialmente quebrado com este procedimento, a confidencialidade dos resultados manteve-se. Esta foi a solução que se nos afigurou como mais eficaz no controlo deste processo. Foi, também, a forma de determinar até que ponto os questionários devolvidos nos permitiam respeitar a representatividade da amostra constituída ou, se essa representatividade não existia.

3.4.2 Fase I – Etapa 2

Uma das desvantagens, que consideramos relevantes, na utilização exclusiva de questionários na recolha de dados, prende-se com a impossibilidade de aprofundar os “porquês” de determinadas respostas. Mesmo quando se questionam os inquiridos do “porquê”, as respostas, habitualmente, não permitem uma exploração das razões ou motivações que as orientaram. Assim, a formação de um grupo focal resultou da necessidade de aprofundar os resultados obtidos através do questionário, procurando compreender que interpretações lhes atribuíam um conjunto de professores (Hesse-Biber, 2010). A utilização do grupo focal, na presente investigação, não teve, portanto, a pretensão de validar quaisquer resultados obtidos através do questionário. O grupo focal foi utilizado numa perspetiva de “ouvir e recolher informação. É uma forma de melhor compreender o que as pessoas sentem ou pensam acerca de uma questão, produto ou serviço” (Krueger, & Casey, 2009, p. 2).

Vaughn, Schumm e Sinagub (1996) afirmam que os grupos focais podem constituir-se como o único método de recolha de dados ou podem aparecer combinados com outros métodos, de forma a permitir uma compreensão mais aprofundada de resultados. Outros autores (Bloor, Frankland, Thomas, & Robson, 2001), defendem que os grupos focais

devem integrar sempre abordagens multimetodológicas. Nesta perspectiva, o grupo focal foi utilizado como *follow-up* do estudo quantitativo. Este contexto de utilização de grupos focais já tem sido utilizado noutros trabalhos (Bloor et al., 2001; Hesse-Biber, 2010). A propósito de um desses estudos, este último autor refere que

através da implementação de um desenho sequencial com componente quantitativa, primeiro, e a qualitativa, em segundo, ela [a investigadora] foi capaz de obter um “valor acrescentado” na compreensão dos resultados de ambos os estudos. Os dados, do seu grupo focal, permitiram-lhe obter esclarecimentos sobre definições e uso de termos (...) que foram utilizados nas questões do inquérito e fundamentar o seu significado a partir das perspectivas dos seus respondentes. (Hesse-Biber, 2010, p. 5).

3.4.2.1 Participantes do grupo focal

O número de participantes num grupo focal é variável, em função dos objetivos da investigação. Há autores que referem que um grupo deve conter entre seis a doze participantes, sendo o ideal entre oito e dez (Vaughn, Schumm, & Sinagub, 1996), outros referem que deve conter entre cinco e dez elementos, podendo, no entanto, em alguns casos existir grupos constituídos por quatro ou por doze (Krueger, & Casey, 2009), ou até entre três e catorze participantes (Bloor, Frankland, Thomas, & Robson, 2001).

No momento de constituição de um grupo focal, ponderámos sobre o número de participantes ideal tendo em conta que num grupo pequeno, podia haver tendência para ocorrerem poucas interações, o que podia gerar informações insuficientes face às questões de investigação e um grupo com muitos participantes podia dissuadir alguns elementos de exprimirem os seus pontos de vista (Bloor, Frankland, Thomas, & Robson, 2001; Vaughn, Schumm, & Sinagub, 1996). A fim de evitarmos estas situações extremas, tomámos a decisão de que o grupo deveria ser composto por sete ou oito participantes, para além do investigador, que desempenhou função de moderador.

A abordagem metodológica utilizada no grupo focal foi de natureza, simultaneamente, exploratória e fenomenológica atendendo a que estávamos interessados em desenvolver uma compreensão mais profunda sobre alguns resultados quantitativos preliminares e, em clarificar alguns conflitos ou incoerências presentes nos resultados do questionário (Vaughn, Schumm, & Sinagub, 1996). Segundo estes autores, a lógica da abordagem fenomenológica assenta num pressuposto de ligação próxima do investigador com os participantes do grupo, partilhando com eles a interpretação que os mesmos atribuem ao fenómeno em estudo. Este envolvimento e aproximação foram

desenvolvidos ao longo das diferentes sessões, que decorreram ao longo de um período de, aproximadamente, três meses.

Um dos problemas que se colocou na constituição do grupo focal foi de como proceder à seleção dos participantes. Desconhecendo professores que pudessem, eventualmente, estar disponíveis para se implicarem nesta etapa da investigação, optámos por incluir na parte final do questionário, um texto que os convidava a participar, de forma mais ativa, neste estudo. Na circunstância de se quererem disponibilizar para tal, poderiam incluir o seu endereço de correio eletrónico ou contacto telefónico, no próprio questionário, caso em que se quebraria o anonimato, pois o inquirido passaria a estar identificado, ainda que se mantivesse o acordo de confidencialidade dos dados. Para evitar quebrar o anonimato, os professores poderiam contactar-nos através de um endereço de correio eletrónico, que servia simultaneamente para colocar dúvidas sobre algum assunto relacionado com o preenchimento do questionário. Um total de 20 professores respondeu, de forma positiva, a este apelo, fornecendo-nos o seu contacto, no próprio questionário.

A escolha dos participantes de um grupo focal é, frequentemente, intencional. De entre os 20 inquiridos disponíveis para prolongar a sua participação na investigação, quatro eram professores próximos das nossas relações profissionais, pelo que tentámos evitar que fizessem parte do grupo, pois, nestes casos, há uma maior propensão para que as posições dos sujeitos vão de encontro às expectativas do investigador. Alguns autores como Vaughn e colaboradores (1996), referem que os participantes de um grupo focal têm mais tendência a revelarem-se quando conversam com outros que lhes são pouco, ou nada, familiares, o que conduz a resultados mais fidedignos, recomendando que esses mesmos participantes sejam estranhos ao investigador, dentro das possibilidades. Assim, cumprindo esta orientação, do total de 20 inquiridos disponíveis para participar no grupo focal, restavam-nos 16 professores. Atendendo à área geográfica do local onde decidimos realizar as sessões de grupo focal – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa – e ao facto de os estabelecimentos de ensino a que pertenciam dez (dos dezasseis) professores se situar dentro da área de Lisboa ou num concelho limítrofe, optámos por contactá-los. Para além deste critério, tentámos que os docentes participantes apresentassem, entre si, características sociodemográficas diversificadas e aproximadas das referentes à amostra final do questionário, ainda que tal não tenha sido totalmente conseguido, devido a algumas dificuldades que foram surgindo na constituição do grupo. Dos dez professores

contactados, houve três que recusaram integrar o grupo, alegando motivos diversos e um que nunca chegou a responder às diversas mensagens de correio eletrónico que enviámos.

Uma outra circunstância, no processo de constituição do grupo focal, prendeu-se com a obrigatoriedade da presença de todos os participantes, num mesmo dia e a uma mesma hora, durante o período alargado de três meses, em que iriam decorrer as diversas sessões de trabalho. Estas condições apresentaram uma dificuldade acrescida, pois os professores encontravam-se a lecionar e possuíam horários de permanência na escola muito extensos. Esta rigidez dos horários, impossibilitou a participação no grupo de outras duas docentes, que já tinham anteriormente acedido a integrar o grupo focal. Após algumas diligências, conseguimos constituir um grupo focal com sete participantes. As informações apresentadas na Tabela 11 caracterizam, de forma resumida, cada um dos participantes. Estas informações foram obtidas a partir dos questionários, de um documento que foi entregue aos professores no final da última sessão de grupo focal (Apêndice VII) e de algumas questões de caracterização pessoal e profissional que foram colocadas durante a primeira sessão e que contribuíram para a apresentação dos diferentes participantes. Ressalvamos que os nomes apresentados são fictícios, de forma a preservar o respetivo anonimato dos professores.

Tabela 11

Características sociodemográficas dos participantes no grupo focal

Professor(a)	Área geográfica da escola (Cluster)	Sexo (M/F)	Idade (anos)	Tempo de serviço (anos)	Área científica da formação inicial	Habilitação académica
Hélder	8	M	35	12	Geologia	Licenciatura
Ilda	1	F	53	27	Geologia	Mestrado
Emílio	1	M	45	22	Biol /Geo	Licenciatura
Alcina	7	F	51	28	Biologia	Licenciatura
Telma	2	F	51	28	Biologia	Licenciatura
Tânia	3	F	53	29	Biologia	Mestrado
Fátima	3	F	52	30	Biologia	Mestrado

Dos sete participantes, dois são do sexo masculino e cinco, do sexo feminino. Os participantes femininos têm entre os 51 e os 53 anos, sendo os participantes masculinos

mais novos: 35 e 45 anos. Todos os elementos são do quadro de escola e as professoras têm uma larga experiência profissional, entre 27 e 30 anos de serviço docente.

Os elementos masculinos são os que têm menos tempo de serviço: 12 anos, num caso e 22 anos, no outro. Podemos, portanto, referir que este grupo se caracteriza por ter professores com elevada experiência docente. Em termos da área científica de formação inicial, a Biologia surge como a mais frequente, existindo dois professores com formação na área da Geologia e, apenas um, na de Biologia e Geologia. A maioria dos professores possui a licenciatura como habilitação académica mais elevada, tendo três dos participantes o grau académico de mestre. A integração na carreira docente foi alcançada através da frequência de um curso do ramo de formação educacional, com exceção da Ilda que fez a profissionalização em serviço. Em seguida, apresentamos mais algumas informações de cada um dos participantes.

O Hélder, com uma licenciatura em Geologia, concluída há 13 anos, tem lecionado em várias escolas do país, encontrando-se há cerca de cinco anos a lecionar em estabelecimentos de ensino próximos da sua área de residência. Referiu nunca ter frequentado nenhum curso de mestrado, alegando motivos de ordem pessoal, mas salientou que tem intenção de o fazer dentro em breve, uma vez que considera a formação, uma componente essencial da profissão docente. Foi orientador de estágios pedagógicos, durante três anos letivos, ao nível do 2º ciclo do ensino básico. Na escola tem desenvolvido algumas atividades extracurriculares como a semana da ciência.

A Ilda tem uma longa experiência profissional como docente: 27 anos de serviço. Concluiu uma licenciatura em Geologia, no ramo científico. Quando se licenciou, não tinha qualquer intenção de vir a lecionar, referindo essa possibilidade como bem distante das suas intenções. Assim, abraçou a carreira de investigação, ainda que durante um breve período de tempo. Posteriormente, e por uma questão de empregabilidade, começou a lecionar num estabelecimento de ensino particular e cooperativo. Ilda considera esta experiência profissional, na sua fase inicial, como muito difícil, do ponto de vista pessoal. Mais tarde, ingressou na carreira docente, após a conclusão da profissionalização em serviço, tendo frequentado outros cursos mais recentemente: primeiro concluiu uma especialização em ensino das ciências e, depois, um curso de mestrado em formação de professores, cuja dissertação se debruçou sobre a temática do abandono escolar. Para além destes aspetos relacionados com a sua formação pessoal e profissional, esta docente exerceu funções em estruturas do MEC – ao nível do antigo Departamento do Ensino

Secundário (DES), onde foi responsável pela componente disciplinar de Geologia, em equipas constituídas com o objetivo de efetuar o acompanhamento da implementação dos novos programas de Biologia e Geologia. Esteve também ligada à gestão de um sítio da internet, daquele Departamento, em que existia partilha de materiais didáticos e um fórum de discussão sobre o ensino experimental das ciências.

O Emílio é licenciado em Ensino da Biologia e da Geologia. Durante a sua vida profissional tem lecionado turmas do 3º ciclo do ensino básico e turmas do ensino secundário. Tal como a Ilda integrou uma equipa de professores acompanhantes para a reforma do ensino secundário, tendo sido formador na implementação dos programas de Biologia e Geologia, atualmente em vigor. Foi, durante alguns anos, diretor de um centro de formação de professores, tendo desenvolvido um trabalho de investigação, no âmbito de um curso de mestrado em supervisão pedagógica em ensino da Biologia e Geologia, sobre o efeito da formação de professores na mudança de práticas pedagógicas. No entanto, não chegou a concluir o curso, por não ter entregado a dissertação. Em termos de experiência profissional, foi, também, durante alguns anos, orientador de estágios pedagógicos, ao nível do 3º ciclo do ensino básico e do ensino secundário. Tem integrado alguns projetos, nomeadamente, no âmbito do projeto Ciência Viva e tem participado de um grupo de trabalho para a autonomia, sediado numa instituição de ensino superior.

A Alcina tem, também, uma longa experiência como docente (28 anos), tendo concluído o ramo de formação educacional, em 1982. Ao longo do seu percurso profissional tem lecionado principalmente turmas do ensino secundário. É licenciada em ensino da Biologia, pelo que encara como um desafio a lecionação de conteúdos científicos da área da Geologia, referindo que tem sido uma descoberta trabalhar temas que considera muito interessantes e pertinentes. Após mais de 25 anos da conclusão da licenciatura, regressou ao ensino superior para frequentar um curso de mestrado em educação, na área de especialização de Didática das Ciências. No período em que foram realizadas as sessões de grupo focal, a Alcina encontrava-se a redigir a sua dissertação, cujo tema se relacionava com a implementação de atividades de investigação em aulas de Biologia e que concluiu no ano letivo seguinte.

A Telma, tal como a Alcina, também tem uma experiência profissional longa e é licenciada em ensino da Biologia. Refere que foi para o ensino por opção e que não se imagina a fazer outra coisa. Tem lecionado, durante a sua carreira profissional, todos os anos de escolaridade do 3º ciclo do ensino básico e do ensino secundário. É um elemento

muito ativo na escola a cujo quadro pertence, sendo responsável por inúmeros projetos e atividades extracurriculares (clubes, concursos, etc.). Em termos de formação pós-graduada, menciona que nunca se sentiu motivada para frequentar qualquer curso de especialização ou de mestrado. Tem exercido, nos últimos anos, algumas funções num centro de formação de associação de escolas.

A Tânia tem 29 anos de experiência docente. É licenciada em Biologia e refere que “veio para o ensino” por gosto. Mostra um imenso apreço pela sua profissão e pelos alunos. Tal como a Telma, diz que não se vê a fazer outra coisa. Tem lecionado diversos anos de escolaridade, apesar de na última década e meia ter tido apenas turmas do ensino secundário, pois a oferta formativa da sua escola, passou a contemplar, apenas cursos daquele nível de ensino. Tem participado em alguns projetos da Ciência Viva e em atividades extracurriculares, como clubes do ambiente e de educação para a saúde. A Tânia tinha concluído, uns meses antes da realização das sessões de grupo focal, um curso de mestrado em Engenharia Alimentar.

A Fátima é, de todas as participantes, a que tem maior experiência docente – 30 anos de serviço. Leciona na mesma escola que a Tânia e tem participado, também, em alguns projetos e atividades extracurriculares. Em termos de formação inicial, concluiu, em 1982, a licenciatura em Biologia, no ramo científico e, em 1987, concluiu a licenciatura em ensino da Biologia. É mestre em Biologia da Conservação.

3.4.2.2 Procedimentos adotados na condução do grupo focal

Para a realização dos grupos focais, devem ser adotadas algumas normas ou recomendações (Krueger, & Casey, 2009; Vaughn, Schumm, & Sinagub, 1996). Essas orientações foram por nós apresentadas (no papel de moderador) e acordadas por todo o grupo, no início da primeira sessão. Assim, tivemos o cuidado de: (1) informar os participantes sobre as temáticas a debater em cada sessão; (2) assegurar o anonimato dos participantes, atribuindo-lhes nomes fictícios no presente documento; (3) referir que o objetivo do grupo focal se relacionava com a exposição de pontos de vista dos participantes sobre as temáticas debatidas, sem qualquer finalidade de os consensualizar; (4) assegurar o respeito por todas as opiniões produzidas, sendo de salutar momentos de debate; (5) referir que as respostas dos participantes não seriam consideradas como corretas ou incorretas, podendo ser criticadas construtivamente por qualquer participante.

As sessões decorreram numa sala acolhedora, na qual todos os participantes se sentavam à volta de uma mesa retangular. A data da primeira sessão foi proposta por nós, tendo decorrido no final do mês de abril de 2010, tendo sido as restantes datas decididas nessa mesma sessão. Assim, determinou-se que as sessões, num total de seis, decorreriam até ao mês de junho, de acordo com a seguinte calendarização: abril – 1ª sessão; maio – 2ª e 3ª sessões; junho – 4ª, 5ª e 6ª sessões. Em cada sessão, com a duração aproximada de 120 minutos, foi abordada uma temática diferente, relacionada com o conteúdo do questionário, a saber:

1ª sessão – Apresentação dos participantes. Negociação de normas de funcionamento do grupo focal. Conceções de argumentação científica;

2ª sessão – Argumentação científica e argumento. O papel das evidências/provas na construção de um argumento;

3ª sessão – A argumentação científica no contexto da natureza da ciência;

4ª sessão – A argumentação científica nos programas de Biologia e Geologia do ensino secundário;

5ª sessão – A implementação de um ensino das ciências orientado para o desenvolvimento da argumentação;

6ª sessão – A aprendizagem das ciências e o desenvolvimento da argumentação pelos alunos. Abordagem global das temáticas debatidas.

No final da 6ª sessão, atendendo a algum atraso na exploração das temáticas que foi ocorrendo ao longo das sessões, propusemos a realização de uma sessão extraordinária, a 7ª, tendo sido aceite por todos a sua realização, que ocorreu no mês de julho de 2010.

Todas as sessões foram áudio-gravadas, com a devida autorização dos participantes. Em cada um dos topos da mesa, foi colocado um gravador digital, de forma a tentar captar todas as intervenções. Para cada sessão foi construído um guião de entrevista (Apêndice VIII), que teve como função orientar o debate. Estes instrumentos foram sendo construídos conforme foram decorrendo as sessões e houve sempre abertura para debater outras questões que não estavam inicialmente previstas e que se relacionavam com as temáticas abordadas. De acordo com Krueger e Casey (2009), há duas estratégias de questionamento utilizadas pelos moderadores de grupos focais: guia de tópicos ou roteiro de questões, sendo este último, operacionalizado através de um guião no qual se incluem os objetivos que se pretendem atingir com as questões, que se

apresentam no mesmo instrumento. Segundo os mesmos autores, é preferível a opção pela elaboração de um roteiro de questões, quando se desenvolvem estudos académicos. Na construção do guião, tivemos a preocupação de propor questões de resposta aberta, centradas no tema de cada sessão, sendo que, na primeira, houve necessidade de apresentar algumas questões introdutórias e de transição (Breen, 2006; Krueger, & Casey, 2009) cuja finalidade foi desenvolver um clima de confiança e de partilha, entre os participantes e ir focalizando o assunto a abordar. As restantes questões foram sempre de encontro às diferentes temáticas a debater (também designadas como questões-chave). Para além dos guiões das entrevistas, fornecemos alguns documentos (Apêndice IX) aos participantes, durante as sessões de grupo focal. Alguns deles implicavam tarefas de papel e lápis, a executar pelos participantes e foram por nós recolhidos, no final das respetivas sessões em que foram utilizados. Após a última sessão, cada professor elaborou um documento de reflexão sobre a sua participação no grupo e sobre os conteúdos discutidos nos diversos encontros que tivesse considerado mais significativos.

Para facilitar o reconhecimento da voz de cada participante solicitámos que cada um interviesse de sua vez, de forma a evitar a sobreposição de falas, na gravação áudio. Para a identificação, no registo áudio, de cada um dos intervenientes, tentámos, sempre que possível, nomear quem pretendia participar oralmente.

O moderador tem um papel determinante na condução do grupo focal. Nesse papel, procurámos ser um elemento encorajador da participação de todos os membros do grupo e estar, particularmente atentos ao discurso destes, tentando estabelecer pontes entre as diversas opiniões ou explorando as divergências que fossem emergindo. Tentámos, ainda, mantermo-nos o mais neutros possível, de forma a evitar o enviesamento das respostas dos participantes, procurando valorizar todas as opiniões, tendo, no entanto, consciência de que a nossa presença, valores e conceções influenciaram a direção do debate.

3.4.3 Fase II

Durante esta fase procurámos compreender o “como” e o “porquê” da ação de duas professoras ao pretenderem implementar um ensino de ciências intencionalmente orientado para o desenvolvimento da argumentação. Desta forma, centrámos o nosso interesse numa abordagem fenomenológica e interpretativa das experiências vividas pelos

agentes de ensino, o que nos levou à decisão de estudar os casos selecionados, de acordo com uma abordagem qualitativa/interpretativa.

Num estudo de caso qualitativo pretende-se um olhar atento e profundo do investigador sobre uma realidade social complexa, única e particular, considerando-se que o fenómeno e o contexto em que o mesmo se desenvolve são indissociáveis e devem ser abordados numa perspetiva holística (Stake, 2009; Yin, 2003). De acordo com Mertens (1998), um estudo de caso consiste numa análise intensiva e detalhada de um caso, recorrendo à observação e a outros meios. Para Afonso (2005), “a lógica da caracterização de uma pesquisa como um estudo de caso centra-se na natureza do objeto e não na opção metodológica. Trata-se de estudar o que é particular, específico e único” (p. 70). Atendendo a esta singularidade, a crítica associada aos estudos de caso salienta a quase impossibilidade de generalizar a uma população, as conclusões obtidas no final de uma investigação (Yin, 2003). Esta crítica torna-se ainda mais vincada atendendo a que nos estudos de caso a representatividade está colocada em causa, pois não se pretende realizar um estudo por amostragem, atendendo antes à finalidade de particularizar, em vez de generalizar (Stake, 2009). Este autor salienta que,

uma amostra de um ou uma amostra de apenas alguns terá poucas probabilidades de ser fortemente representativa de outros. A investigação com estudo de caso não é uma investigação por amostragem. Nós não estudamos um caso com o objetivo primário de entender outros casos. A nossa primeira obrigação é compreender esse caso específico (p. 20).

No entanto, mais do que a generalização característica de investigações de índole quantitativa, nos estudos de caso procura-se uma generalização naturalista (Stake, 2009; Suárez Pazos, 2002), ou analítica (Yin, 2003). Nesta situação, cabe ao leitor o poder de generalizar, ou não, os resultados à sua situação particular, existindo a possibilidade de generalizar de um caso para outro (Vilelas, 2009). Para tal, os estudos de caso devem apresentar uma componente descritiva e detalhada do caso em análise, de forma a permitir que o leitor possa estabelecer comparações com as situações por si experienciadas.

3.4.3.1 A seleção dos casos

Esta última fase da investigação enquadra-se no âmbito de dois estudos de caso instrumentais (Hancock, & Algozzine, 2006; Stake, 1998, 2009), atendendo a que pretendemos estudar um fenómeno particular – a argumentação científica em aulas de

Biologia e Geologia – em dois contextos distintos. Yin (2003) defende que a utilização de vários casos pode permitir contornar a situação de distorção ou enviesamento dos resultados, mais provável em estudos de caso único. Pode, também, contribuir para uma recolha de evidências que sustentem de forma mais convincente as interpretações e as conclusões da investigação. Em relação à seleção dos casos a estudar, Stake (2009) refere que, como primeiro critério, devemos atender à maximização de informação do caso, ou seja, o caso deve constituir-se como uma boa fonte de informação, em qualidade e quantidade, permitindo-nos construir entendimentos e asserções sobre o fenómeno em análise. Para tal, revela-se de fundamental importância, o que aquele autor considera como “casos de fácil acesso e que acolhem a nossa investigação, talvez para os quais se possa identificar um informador futuro” (Stake, 2009, p.20).

As duas professoras que acompanhámos, ao longo do ano letivo 2010/2011, tinham integrado o grupo focal. Como participantes na fase II, interessava-nos, particularmente, ter participantes que, com sentido crítico, pudessem refletir sobre as suas práticas e, dessa forma, enriquecer a interpretação das ações ocorridas em contexto de sala de aula. Assim, no final da última sessão do grupo focal, e após alguns professores terem sugerido que seria essencial que o projeto prosseguisse para uma dimensão mais prática, referimos que o plano da investigação previa a concretização de uma outra etapa, em que dois dos participantes seriam acompanhados, em contexto de sala de aula, para tentar compreender de que forma cada um implementava as suas práticas quando procurava desenvolver intencionalmente a argumentação científica dos seus alunos. Referimos, ainda, que na impossibilidade física e material de acompanhar todos os sete elementos do grupo focal, iríamos convidar dois professores para esta nova etapa da investigação.

Qualquer participante do grupo focal poderia ser selecionado para compreender e analisar o objeto de estudo (Stake, 2009): a argumentação científica em contexto escolar. No entanto, decidimos que aqueles que tinham participado, oralmente, de forma mais ativa, durante as sessões do grupo focal, poderiam constituir-se como “casos”, pois mais facilmente se tornariam bons informadores. Para além deste critério orientador na seleção dos “futuros casos”, e atendendo à necessidade da nossa presença em diversas aulas dos dois docentes, também tivemos em conta, por um lado, a localização geográfica das escolas em que cada professor lecionava e, por outro, os horários letivos de cada um, de forma a evitar que existissem sobreposições no horário das aulas a observar, uma vez que

poderiam existir períodos de observação coincidentes. Ainda que não fosse um critério muito relevante, considerámos que seria interessante observar aulas de professores que lecionassem o mesmo ano de escolaridade, considerando que se poderiam estabelecer algumas pontes de ligação, na interpretação dos resultados. Tendo conta os critérios referidos, convidámos a Alcina e a Telma para participarem nesta etapa da investigação. O convite foi aceite pelas duas docentes.

As escolas a que pertenciam as professoras apresentavam contextos diversos que passamos a apresentar, de forma breve. Para a elaboração destas descrições, consultámos o Projeto Educativo de Escola (PEE), enquanto documento orientador dos referidos estabelecimentos de ensino. Não identificamos estes documentos nas referências bibliográficas para assegurarmos o anonimato das escolas e das docentes participantes.

Escola A (Telma)

Situada numa das zonas suburbanas do distrito de Lisboa, a escola localiza-se a cerca de 15 quilómetros a noroeste da capital, numa localidade com, aproximadamente, 50 000 habitantes. O setor de atividade económica predominante é o terciário (73,7%), seguido do setor secundário (25,9%). A escola insere-se num meio socioeconómico desfavorecido, e tem uma considerável população estudantil oriunda dos PALOP's (países africanos de língua oficial portuguesa).

Neste estabelecimento de ensino é lecionado o 3.º ciclo do ensino básico e o ensino secundário, em regime diurno e noturno. No ano letivo de 2009, frequentavam a escola 1239 alunos. Destes, 78,5% estavam matriculados em turmas do regime diurno. A oferta educativa relativa ao ensino secundário contemplava cursos científico-humanísticos, cursos profissionais e um curso tecnológico (Desporto), no regime diurno e cursos de educação e formação de adultos, no regime noturno. Para além destas variantes, a escola oferecia, também, atividades extracurriculares no âmbito das línguas, do desporto e da educação para a saúde, entre outros clubes que procuram responder à diversidade de interesses dos alunos e professores.

O PEE tinha por lema “A diferença, um valor a integrar e a preservar” e expressava a missão da escola enquanto instituição que deve “ajudar os alunos a crescer com o sentido de respeito por si e pelo outro e a desenvolver as competências adequadas para enfrentarem com sucesso o prosseguimento de estudos e a vida profissional”. (p. 3). Neste documento, a escola fez um diagnóstico dos problemas, que foram apontados pela comunidade educativa. Os professores salientaram a desmotivação de docentes e alunos,

a falta de trabalho colaborativo e a falta de investimento em atividades de formação profissional, a má preparação prévia dos alunos, a inserção da escola num meio socioeconómico desfavorável, a indisciplina dos alunos, a não discussão do planeamento de atividades curriculares interdisciplinares e a não avaliação da eficácia das estratégias de ensino utilizadas, como alguns dos problemas principais da escola. Os alunos identificaram alguns problemas comuns aos citados pelos professores, nomeadamente, os que se relacionam com a indisciplina e com o clima de violência existente na escola. Para além destes, referiram o abandono escolar dos colegas, a baixa expectativa da escola em relação aos alunos, bem como o facto de nenhum ou poucos professores modificarem o seu comportamento face a críticas pertinentes apresentadas pelos alunos.

Atendendo ao diagnóstico apresentado, o PEE estabelecia um conjunto de objetivos que pretendia minimizar os problemas elencados. Entre eles frisamos a promoção de uma política ativa de inclusão socio-escolar, a melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem e a procura de coordenação e articulação intra e interdepartamental a nível científico e pedagógico, visando a melhoria dos resultados escolares.

Escola A (Alcina)

Era uma antiga escola industrial e comercial, que teve na sua génese, a função principal de ministrar cursos técnicos, instituídos em pleno século XIX. Situa-se numa cidade localizada aproximadamente, a 70 quilómetros, a norte de Lisboa, na zona litoral, inserindo-se numa região com uma marcada dicotomia cidade/campo. A economia da cidade sustentava-se, fundamentalmente, em torno do setor primário – agricultura e pescas – existindo alguma indústria alimentar e um setor terciário em desenvolvimento, com a exploração turística e de atividades de lazer, ligadas ao mar.

Na região persistia uma estrutura social em que uma larga faixa da população tinha níveis de escolaridade muito baixos, ao nível do 1.º ciclo do ensino básico, existindo, em 2001, 14,9% de indivíduos por alfabetizar. A maioria dos pais e encarregados de educação eram trabalhadores por conta de outrem (operários, empregados e administrativos), tendo 58%, habilitações inferiores ao ensino secundário.

A oferta formativa da escola, em relação ao regime diurno, compreendia apenas cursos do ensino secundário - cursos científico-humanísticos, direcionados para o prosseguimento de estudos, e diversos cursos profissionais. Ainda que à entrada do ensino secundário, a maioria dos alunos ambicionasse prosseguir estudos, em 2009, apenas 53%

dos alunos inscritos para realizar exames nacionais, efetivaram a sua candidatura, na 1ª fase, à frequência de um curso do ensino superior.

No ano letivo de 2009/2010, lecionavam na escola, um total de 104 docentes; e frequentavam-na um total de 1388 alunos distribuídos por cursos científico-humanísticos (495), cursos profissionais (192), curso de educação e formação (20), cursos de educação e formação de adultos (12) e processos de reconhecimento, validação e certificação de competências (669). Nesse mesmo ano, exerciam funções na escola, 34 elementos do pessoal não docente e 3 elementos técnico-pedagógicos (psicólogo, docente do ensino especial e coordenador de biblioteca escolar).

O PEE reconhecia, no tecido social da localidade em que a escola está inserida, a existência de jovens em situações de “risco”, ligados à toxicodependência e/ou a inadaptação, devido ao desemprego e à não conclusão da escolaridade obrigatória, sendo o combate à pobreza e à exclusão social, um dos objetivos inscritos naquele documento orientador. Para além deste, incluíam-se, ainda, a promoção do sucesso educativo, a valorização da qualidade do saber científico, a valorização da cultura do esforço e trabalho, a promoção da consciencialização do dever de cidadania, o desenvolvimento da capacidade crítica, do saber pensar, estar e ser e o desenvolvimento de relações humanas baseadas no respeito e dignidade próprias e dos outros.

3.4.3.2 Procedimentos adotados nos estudos de caso

Segundo, Bogdan e Biklen (1994), “O primeiro problema com que o investigador se depara no trabalho de campo é a autorização para conduzir o estudo que planeou” (p. 115). Para que a autorização fosse concedida, tomámos a decisão de reunir com as docentes envolvidas nesta etapa da investigação, para explicitar a nossa ação no campo e do que esperávamos da participação de cada uma, procurando utilizar uma abordagem clara e objetiva.

Na reunião que realizámos, em meados de outubro de 2010, procurámos clarificar o nosso nível de intervenção e o das docentes, e solicitámos alguns documentos. Assim, referimos que a observação de aulas se relacionava com o interesse em analisar e refletir sobre práticas pedagógicas que procurassem desenvolver a argumentação científica dos alunos. No entanto, a montante teriam de ser tomadas algumas decisões relacionadas com a observação: observar o quê, observar quando, como familiarizar os alunos com a presença do observador na sala de aula, que tipo de registos (escritos/áudio/vídeo) se

deveriam utilizar, como e quando se procederia à análise e reflexão acerca das observações realizadas.

Durante a reunião foram acordados os seguintes aspetos relativos a esta fase da investigação:

- A observação iria ocorrer em aulas do 10.º ano. A Telma apenas lecionava o ano de escolaridade referido. A Alcina tinha uma turma de 10.º ano e outra de 11.ºano, tendo-se decidido pela observação de aulas na turma de 10.º, por não existir exame no final deste ano de escolaridade e por ser um ano comum ao lecionado por Telma;
- A observação centrar-se-ia em aulas de duas unidades didáticas, uma da componente de Biologia e outra da componente de Geologia, entendendo-se unidade didática como um bloco de estudo planeado e orientado por princípios, conceitos ou esquemas conceptuais (Domingos, Neves, & Galhardo, 1987), que contribuem para o desenvolvimento de competências diversas. As unidades sobre as quais incidiria a observação ficariam ao critério de cada professora, que deveria atender nessa seleção ao foco da investigação – a argumentação no ensino das ciências;
- Antes da observação das aulas relativas à primeira dessas unidades didáticas, iríamos observar algumas aulas, com a finalidade de os alunos se familiarizarem com a nossa presença na sala de aula e para testagem dos equipamentos de áudio e da qualidade do som captado;
- Todas as aulas observadas seriam áudio-gravadas, com recurso a dois gravadores digitais, para além dos registos escritos efetuados pelo investigador. Os gravadores seriam colocados em polos opostos da sala: um na secretária onde nos sentássemos e outro na secretária da professora, para procurar captar, dentro do possível, as interações que ocorressem na aula entre a professora e os alunos e, eventualmente, entre alguns alunos, particularmente, caso surgissem tarefas para realizar em grupo;
- Não teríamos qualquer intervenção a nível da planificação das aulas e da produção dos materiais utilizados. Isto não impediria a partilha de impressões entre os envolvidos no projeto, caso fossem consideradas úteis e pertinentes pelas professoras;
- As tarefas construídas pelas professoras deveriam, sempre que possível, procurar envolver os alunos em atividades de argumentação científica;
- Sendo a ação docente o foco central da observação, nas aulas em que a turma estivesse dividida em turnos, estaríamos presentes apenas num desses turnos, uma vez

que no outro turno se iriam aplicar as mesmas tarefas e os alunos seriam envolvidos nas mesmas atividades;

- Antecedendo as aulas observadas, cada professora deveria efetuar uma breve síntese escrita, utilizando um modelo (Apêndice X), que pretendia que cada professora referisse: (1) as competências envolvidas na realização das tarefas utilizadas em aula, (2) de que forma iria gerir a dinâmica da aula, ou seja, que estratégia de ensino iria implementar e (3) porque era atribuída às tarefas a potencialidade de envolver os alunos em práticas de argumentação científica. Para além destes três aspetos, a professora era livre de referir outros que considerasse relevantes.

Ficou, também, assente, durante a reunião, que cada professora nos iria entregar alguns documentos: uma planta da sala de aula, um exemplar de todas as tarefas propostas nas aulas observadas e, sempre que possível, uma cópia dos materiais produzidos pelos alunos (fichas de trabalho, documentos eletrónicos, outros).

Ao longo desta etapa, foram observadas 25 aulas, das duas professoras. Deste total, quatro aulas (duas, por professora) tiveram por finalidade familiarizar os alunos com a nossa presença na sala de aula, tal como tinha sido acordado na citada reunião. Com estas aulas procurámos, também, conhecer as turmas e perceber os efeitos da nossa presença nos alunos e professoras (Estrela, 1994). Estas quatro aulas de familiarização foram observadas entre 11 e 19 de novembro de 2010. A Tabela 12 apresenta uma distribuição, por professora, das restantes 21 aulas observadas, correspondentes às duas unidades didáticas. No total foram observados 58 tempos letivos de 45 minutos, dos quais nove correspondentes a aulas de familiarização com a nossa presença em sala de aula e 49 correspondentes às duas unidades didáticas. O período de observação de aulas decorreu entre dezembro de 2010 e janeiro de 2011, para a primeira unidade, e entre março e maio de 2011, para a segunda. Cada aula observada teve a duração prevista de 90 ou 135 minutos, com exceção de uma aula da professora Telma que teve a duração real de 60 minutos, devido à participação obrigatória da docente numa reunião com representantes do MEC, que ocorreu em parte do período previsto para uma aula de 90 minutos.

As aulas de 135 minutos são, de acordo com a legislação em vigor, tempos letivos com desdobramento em turnos, sempre que o número de alunos da turma for superior a 15, para a realização de trabalho prático ou experimental (Anexo ao Despacho nº 13170/2009, de 28 de maio). Foram observadas 21 aulas de 135 minutos: 4 da Alcina (três da unidade 1 e uma da unidade 2) e 5 da Telma (duas da unidade 1 e três da unidade 2).

Tabela 12

Distribuição, por docente, das aulas observadas

Professora	Unidade didática 1			Unidade didática 2		
	Período de observação	Nº. de aulas observadas	Nº. de tempos letivos (45 min.)	Período de observação	Nº. de aulas observadas	Nº. de tempos letivos (45 min.)
Alcina	6/1/2011 a 18/1/2011	5	12	3/5/2011 a 17/5/2011	5	11
Telma	9/12/2010 a 6/1/2011	6	13	28/3/2011 a 26/04/2011	5	13
Total		11	25		10	24

As unidades didáticas selecionadas pelas docentes para observação de aulas coincidiram. Assim, as docentes optaram pelas seguintes temáticas:

- Unidade 1 – Compreender a estrutura e a dinâmica da geosfera: Sismologia;
- Unidade 2 – Obtenção de matéria pelos seres autotróficos: Fotossíntese.

3.4.3.3 Fontes de dados

Em estudos de caso qualitativos é usual que a recolha de informação seja realizada recorrendo fundamentalmente à observação. Assim, para efetuar o trabalho de campo, e depois das devidas autorizações, quer das docentes, quer dos órgãos de direção das escolas, procurámos munir-nos dos instrumentos que nos permitiriam, efetuar a recolha de informação necessária para responder às questões do estudo. Para além da observação é, também, frequente o recurso a entrevistas a informadores-chave, bem como proceder a recolha documental.

A - Registos de observação

A observação tem um papel essencial nos estudos de caso. É através dela que o investigador acede a uma maior compreensão do caso (Stake, 2009). Num estudo de caso qualitativo, o investigador vai mantendo um registo dos acontecimentos observados para posteriormente elaborar uma descrição, a mais detalhada possível, dos mesmos.

No presente estudo, procedemos à recolha de informação, através da observação direta de aulas (Quivy, & Campenhoudt, 1998). Foi definida como unidade de observação a turma, na qual se incluiu a professora, foco principal da investigação.

Alguns autores (Bell, 1993; Bogdan, & Biklen, 1994; Lessard-Hébert, Goyette e Boutin, 1990) defendem que o investigador pode ser considerado um meio válido de recolha de informação, usando grelhas de registo de observação. É necessário, no entanto, que ele se consciencialize que não há observações neutras. O que se observa e a forma como se observa depende das experiências anteriores e do quadro teórico que orienta a investigação, pelo que é necessário estar-se ciente da parcialidade dos elementos registados em notas de campo. Para minimizar enviesamentos é necessário confrontar informações, se possível, com outros observadores.

Em termos do presente estudo, optámos por realizar uma observação naturalista (Estrela, 1994). De acordo com este autor, o conceito de observação naturalista é baseado no posicionamento que Piaget assumiu nos estudos que desenvolveu, correspondendo a uma forma de observação sistematizada, realizada em meio natural e que se adequa a pesquisas de natureza qualitativa (ainda que possa ser implementada noutro tipo de abordagens). Através de observação naturalista, caracterizada por ser pouco, ou nada, seletiva, procurámos efetuar uma acumulação de informação, tentando registar, de forma contínua, os comportamentos ou atitudes observados, integrando-os na circunstância em que os mesmos emergiram (Estrela, 1994). Ao longo das aulas observadas, não tivemos intenção de interferir com o desenrolar da ação da professora e dos alunos. Pretendemos somente efetuar um registo, o menos parcial possível, dessas mesmas ações, para futura reflexão com as docentes. Procurámos centrar-nos “na descrição de comportamentos do observado, em ordem à determinação das funções que lhes correspondem” (Estrela, 1994, p. 47). Temos consciência que a nossa presença, por si só, foi um fator condicionante da ação dos sujeitos, o que pode contribuir para obter resultados pouco fiáveis (Vilela, 2009). A fim de procurar diminuir o constrangimento pela nossa presença, em sala de aula, mantivemos um contacto próximo com o campo de estudo, de forma a tornar habitual a nossa presença.

Para efetuar o registo das observações, utilizámos um modelo de protocolo de uma observação naturalista (Apêndice XI), conforme apresentado em Estrela (1994). Ao longo do período de observação, fomos adotando uma focalização progressiva (Stake, 2009), procurando centrar-nos mais nos processos que nos produtos. Assim, procurámos

registar as ações, das professoras e dos alunos, durante a realização de tarefas de sala de aula e durante as interações que foram emergindo. Evidentemente que não descurámos o produto final das atividades em que os atores se envolveram, procurando respeitar o que Estrela (1994) refere sobre o que deve caracterizar uma observação,

A observação caracteriza-se por um trabalho em profundidade, mas limitado a uma situação (no sentido lato do termo) e a um tempo de recolha de dados. Na recolha, segue-se o princípio da *acumulação* e não o da *seletividade*; o trabalho de organização da informação é feito “a posteriori”, através da análise rigorosa dos dados colhidos. A “*intensidade*” e o pormenor do comportamento em si próprio são preocupação principal da fase de recolha (p. 18, *itálicos no original*).

A gravação áudio de todas as aulas contribuiu para acedermos, com maior fidelidade, às interações entre as professoras e os alunos, que foram ocorrendo durante as aulas observadas. As aulas áudio-gravadas foram, posteriormente, transcritas e constituíram um recurso importante na elaboração de outros instrumentos de recolha de informação, por exemplo, na construção dos guiões das entrevistas individuais realizadas às professoras. Assim, os registos de observação e as gravações áudio das aulas e respetivas transcrições, complementaram-se, contribuindo para captar inferências acerca das intenções nas ações dos participantes (Estrela, 1994) que foram objeto de reflexão nas entrevistas realizadas “após a observação e centrada[s] na interpretação de comportamentos observados” (p. 21).

B - Entrevistas

As entrevistas podem revelar-se como uma técnica útil, complementando os dados recolhidos através de observação. Podem mesmo contribuir para contrariar possíveis enviesamentos que possam surgir durante a observação (Lessard-Hébert, Goyette e Boutin, 1990). Têm um papel essencial na captação das realidades múltiplas apropriadas pelos diferentes atores (Stake, 2009), daí que sejam muito utilizadas em estudos de caso qualitativos, a par da observação.

O nosso propósito foi entrevistar individualmente as professoras, após a observação das aulas correspondentes a cada uma das unidades didáticas. Assim, foram realizadas duas entrevistas por professora. Contudo a primeira entrevista a Telma foi dividida em dois momentos. Esta particularidade justifica-se pelo facto de a observação do conjunto de aulas de Telma, referentes à primeira unidade, ter sido realizada no final do 1.º período e início do 2.º período, atravessada pela interrupção letiva do Natal. Assim,

realizámos uma entrevista relativa ao período de observação da primeira unidade, em dois momentos distintos, que se complementaram (o primeiro, após o conjunto de aulas imediatamente anterior à interrupção letiva e o segundo, de maior duração, após o final das observações relativas a todas as aulas da primeira U.E.) e outra no final das observações das aulas da segunda unidade. Para as diversas entrevistas, construímos guiões (Apêndice XII), necessariamente com questões de resposta aberta, ancoradas em temáticas que foram emergindo dos registos escritos e de uma análise reflexiva das observações efetuadas, da audição das aulas e da leitura das respetivas transcrições. Apesar da construção prévia do guião com as questões a dirigir às professoras, outras foram surgindo durante as entrevistas, pelo que foi adotado um modelo semelhante ao descrito por Yin (2003), ao estilo de uma conversa guiada por questões:

As entrevistas surgirão mais como conversas guiadas do que como perguntas estruturadas. Por outras palavras, apesar de se procurar uma linha consistente de inquérito, o seu atual fluxo de questões numa entrevista de estudo de caso é, provavelmente, mais fluido do que rígido (p. 89).

Os tópicos que estruturaram os guiões das entrevistas centraram-se na captação de perspetivas e de reflexões sobre as práticas pedagógicas escolares das aulas observadas cuja finalidade se prendia, intencionalmente, com o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos. Os guiões de entrevista foram construídos com uma estrutura comum para as duas professoras, mas com algumas questões diferentes, adaptando-se às ações ocorridas em contexto de sala de aula. As questões que orientaram as entrevistas foram elaboradas em torno de grandes tópicos: a argumentação científica nas aulas, perspetivas sobre o papel da professora, perspetivas sobre o papel dos alunos, tarefas e atividades, dinâmica/gestão da aula/gestão do tempo, natureza da ciência e argumentação científica, desenvolvimento pessoal e profissional das docentes. O termo “perspetiva” é aqui entendido como não sendo somente “as «*opiniões*» do professor (...)”, como também as «*características dos quadros de significação*» que condicionam essas opiniões” (Estrela, 1994, p. 166, itálico no original). Todas as entrevistas foram realizadas numa sala das escolas respetivas e tiveram uma duração média aproximada de 120 minutos, tendo a mais curta uma duração de 45 minutos e a mais extensa uma duração de 140 minutos.

Foram, também, entrevistados em grupo, três alunos da professora Telma e dois alunos da professora Alcina. A diferença justifica-se por um problema de força maior que

impediu uma das alunas da professora Alcina de comparecer, à última da hora, ao encontro previamente marcado. As entrevistas foram realizadas, também, em salas das respectivas escolas dos alunos e cada uma teve a duração aproximada de 60 minutos. A principal finalidade das entrevistas aos alunos foi a de recolher informações que sustentassem, ou não, algumas inferências que construímos com base nos resultados obtidos por outros meios (Yin, 2003). Essas informações podem, assim, ser utilizadas para produzir uma triangulação dos dados recolhidos através de observação naturalista, das entrevistas às professoras ou de documentos diversos. Estas entrevistas, decorreram, no final do ano letivo (maio / junho de 2011), após aplicação de um questionário (Apêndice XIII) a todos os alunos, de cada uma das turmas, no final da observação das aulas correspondentes à segunda unidade didática. Este questionário procurou captar as principais concepções e percepções dos alunos sobre a temática do presente trabalho, sobre a dinâmica das aulas observadas e as práticas pedagógicas das professoras. Para as entrevistas aos alunos não foi construído qualquer guião, tendo-nos socorrido dos itens constantes do questionário, para elaborar as perguntas. Estes alunos constituíram-se como informadores-chave ou informadores privilegiados, no sentido que lhe é atribuído por Bogdan e Biklen (1994):

alguns sujeitos estão mais dispostos a falar, têm mais experiência do contexto ou são particularmente intuitivos em relação às situações. Estas pessoas tornam-se *informadores-chave* e, frequentemente, irá falar com eles por períodos de tempo maiores do que outros (p. 95, itálico no original).

Procurámos que os informadores-chave fossem alunos dos dois sexos, com diferentes níveis de desempenho académico na disciplina de Biologia e Geologia e que tivessem evidenciado diferente envolvimento na realização das tarefas propostas pelos professores, durante as aulas observadas. É evidente que a nossa fonte de dados não esteve apenas dependente dos informadores-chave, até porque, de acordo com Yin (2003), há uma influência interpessoal que pode enviesar os resultados, sendo dever do investigador procurar outro tipo de evidências que possam sustentar, ou não, as informações recolhidas a partir desses participantes. Isto não invalida a elevada importância das entrevistas enquanto instrumento de recolha de dados, em estudos de caso, que envolvem, habitualmente, relações humanas.

C - Documentos

Para as aulas que foram alvo de observação, as docentes elaboraram diversos recursos didáticos que se constituíram como documentos suplementares de análise (Bell, 1997) e permitiram efetuar uma triangulação com outros elementos de informação. Esses recursos compreendem fichas de trabalho que as professoras distribuíram aos alunos, tarefas do manual escolar que foram utilizadas nas aulas, ou, ainda, a “fichas” laboratoriais /experimentais. Foram ainda recolhidos outros tipos de documentos que correspondem a trabalhos realizados pelos alunos, como sejam a resolução de algumas fichas de trabalho, a apresentação de trabalhos diversos, em formato *PowerPoint* ou trabalhos escritos, produzidos em grupo.

3.5 Análise de dados

Segundo Miles e Huberman (1994), as informações recolhidas no decorrer do trabalho empírico são sujeitas a três processos fundamentais, que se consubstanciam na sua análise: redução, apresentação e elaboração de conclusões/verificação. As etapas referidas são interdependentes, tal como se evidencia no esquema da Figura 10.



Figura 10 - Componentes da análise de dados: Modelo interativo
(Miles, & Huberman, 1994, p.12)

A fase de redução refere-se “ao processo de selecionar, focalizar, simplificar, abstrair e transformar os dados” (Miles, & Huberman, 1994, p. 10). Esta etapa foi antecipadamente preparada recorrendo a alguns procedimentos durante a construção dos

instrumentos, atribuindo códigos prévios aos dados, quer os de natureza qualitativa, quer os quantitativos.

A apresentação dos resultados deve ter em conta a elevada quantidade de informação que, habitualmente, é recolhida em estudos prolongados. Os resultados têm de ser apresentados de forma a reduzir a complexidade dessa informação recorrendo, sempre que possível, a configurações que permitem efetuar uma leitura abrangente, sem comprometer o rigor. Para tal, sempre que considerámos útil e esclarecedor, recorreu-se à elaboração de quadros que pretendem sistematizar informação ou, ainda, à análise de excertos de textos (Miles, & Huberman, 1994) retirados da transcrição das sessões dos grupos focais, das entrevistas individuais ou dos registos de observação.

Na elaboração de interpretações e/ou conclusões devem salientar-se regularidades, padrões, ou configurações procurando explicações plausíveis para as informações recolhidas (Cohen, Manion, & Morisson, 2007). Assim, na elaboração das conclusões, procurámos estabelecer comparações e contrastes, para além de salientar aspetos comuns aos dois casos.

Na subsecção seguinte, descrevem-se os procedimentos que foram considerados durante a análise de resultados. Atendendo a que a natureza distinta das informações recolhidas implica formas de tratamento e de análise diferenciadas, os procedimentos adotados serão apresentados em duas secções: análise de dados quantitativos e análise de dados qualitativos.

3.5.1 Análise de dados quantitativos

Tratando-se de um questionário de tipo exploratório, a finalidade da análise dos dados quantitativos foi obter informações preliminares, através do uso da estatística descritiva, que nos permitiram ganhar alguma familiaridade com a problemática em análise, para serem utilizadas na segunda etapa da fase I da investigação, mais aprofundada. Não efetuámos, portanto, qualquer testagem de hipóteses, nem submetemos os dados a quaisquer testes estatísticos.

Após a receção dos questionários preenchidos, procedemos à codificação das respostas de cada um dos itens, através da atribuição de um código numérico, previamente definido, para cada uma das alternativas de resposta apresentadas no questionário. Assim, por exemplo, em relação aos dados sociodemográficos, item 2, fizemos corresponder o código “0” a “sem resposta”, código “1” a “≤ a 25 anos”, código 2

a “26 a 35 anos”, e assim sucessivamente. Nas partes II e III do questionário, atribuímos como código para cada um dos itens, o valor numérico da escala apresentada (1 a 5 para os itens da parte II e 1 a 4, para os itens da parte III), tendo atribuído o código “0”, em situação de ausência de resposta. Após a codificação de cada um dos questionários, estas informações foram introduzidas no programa informático *Statistic Package for the Social Sciences – SPSS*, versão 17.0. Reconhecemos a potencialidade deste programa para rapidamente nos fornecer um tratamento estatístico dos dados, nomeadamente através da obtenção de frequências de resposta, bem como na determinação de algumas medidas de tendência central, medidas de dispersão, para os diferentes itens das partes II e III do questionário. Procurámos: (1) efetuar a comparação entre resultados de alguns dos itens, particularmente os que foram discutidos no seio do grupo focal, a fim de discutir algumas inconsistências ou semelhanças, entre os eles e (2) procurar saber que interpretações os participantes no grupo focal atribuíam a esses resultados.

3.5.2 Análise de dados qualitativos

Nos estudos de índole qualitativa, os investigadores têm de lidar com uma quantidade de informação elevada. Assim, surge a necessidade de fracionar a informação recolhida (Bogdan, & Biklen, 1994; Stake, 2009). Estes autores remetem para uma análise de conteúdo dos resultados qualitativos, procedendo-se a uma codificação de unidades de registo (Bardin, 2009) ou de análise. Segundo Cohen e colaboradores (2007),

a análise de conteúdo envolve codificação, categorização (criação de categorias significativas em que as unidades de análise - palavras, frases, etc. - podem ser colocadas), comparando (categorias e estabelecer ligações entre si), e concluindo - tirar conclusões teóricas a partir do texto (p. 476)

A análise de conteúdo está, portanto, associada à fragmentação de informação em unidades, às quais o investigador confere significado, através da atribuição de códigos. Um código é, frequentemente, uma palavra ou uma pequena frase que, de forma simbólica, procura traduzir o significado interpretativo que lhe é atribuído pelo investigador (Saldaña, 2009). Segundo este autor, codificar envolve uma ação interpretativa por parte de quem realiza esse procedimento, podendo, assim, considerar-se um ato subjetivo. É, também, um ato cíclico, atendendo a que uma mesma unidade de análise é, habitualmente, codificada em momentos distintos, o que conduz a um refinamento dos códigos gerados. Com este método, os dados vão sendo organizados, através da formação de

agrupamentos de códigos. Estes agrupamentos constituem-se por partilha de características comuns, emergindo padrões de significado, que podem constituir categorias.

O primeiro conjunto de dados a ser alvo de uma análise qualitativa foi o resultante das respostas ao item IV do questionário, que foram, assim, sujeitas a uma análise de conteúdo, atendendo a que se trata de uma questão de resposta aberta. Tendo em consideração o conteúdo da afirmação sobre a qual os inquiridos teriam que se pronunciar, as respostas foram agrupadas em quatro categorias: (1) assuntos consensuais, na qual os inquiridos referem ser mais fácil argumentarem sobre assuntos científicos consensuais; (2) assuntos polémicos, quando os inquiridos referem que a polémica em torno do conhecimento científico favorece a argumentação; (3) indiferente, sempre que os inquiridos referem que a facilidade da argumentação não está dependente da natureza consensual ou polémica do conhecimento científico; (4) respostas descontextualizadas. No próximo capítulo serão apresentados alguns exemplos de resposta que permitem, de forma mais clara, caracterizar cada uma destas categorias.

Também as transcrições das entrevistas realizadas, a professoras e alunos, e os registos das aulas observadas, bem como os documentos recolhidos foram alvo de uma análise de conteúdo. Para tal, utilizámos o programa informático MAXqda, versão 10. Foram consideradas como unidades de análise, excertos de texto, constituídos por um, ou mais, períodos, aos quais atribuímos significado (Gall, Gall, & Borg, 2003). A codificação das diversas unidades de análise foi consubstanciada em movimentos indutivos e dedutivos. Se, por um lado, começámos, numa primeira fase, por fazer emergir dos dados, os códigos que foram atribuídos a essas unidades de análise, por outro, desenvolvemos algumas categorias dedutivas, que estavam diretamente relacionadas com as questões de investigação que orientam este trabalho e que foram aplicadas a esses mesmos dados.

No que respeita às informações recolhidas na segunda etapa da fase I, podemos afirmar que existiram dois momentos de análise: no intervalo entre as diferentes sessões de grupo focal e no final da recolha de toda a informação, após a transcrição de todas as entrevistas. No primeiro daqueles momentos, de uma sessão para a seguinte, realizámos audições das gravações efetuadas (ou, fizemos uma leitura flutuante das transcrições dessas gravações, quando já estavam disponíveis) e registámos as ideias fundamentais das sessões, no que Krueger e Casey (2009) consideram como transcrição resumida. Esta análise preliminar permitiu, em algumas situações, tomar decisões em relação às questões

a formular, para a sessão seguinte, com a finalidade de esclarecer ou aprofundar algumas ideias apresentadas e debatidas pelos participantes. Assim, podemos considerar que a recolha e a análise preliminar de dados foram processos concorrentes. Num segundo momento, após a recolha de toda a informação, foi efetuada uma análise mais aprofundada dos dados. Este processo de redução foi moroso e exigente, face à quantidade de unidades de análise consideradas nas transcrições. Assim, alguns autores (Breen, 2006; Krueger, & Casey, 2009) referem a importância da seleção de temas de análise (ou categorias) e da procura de evidências que os sustentem, através das citações dos participantes ou de notas do investigador. Estes temas, no nosso caso, foram escolhidos *a priori* por ter existido necessidade de abordar diversos assuntos, relativos à problemática da argumentação científica no ensino das ciências.

Durante a análise e interpretação dos resultados, estivemos particularmente atentos à extensão de concordância ou discordância dos participantes, em relação às questões apresentadas para reflexão, bem como a possíveis mudanças de opinião durante a exposição de ideias. Foram, também, alvo de atenção, em articulação com a análise às transcrições das gravações, os documentos que fomos recolhendo ao longo das sessões e o documento de reflexão pessoal de cada um dos participantes.

Em relação à fase II da investigação, e tendo em conta a abordagem fenomenológica a ela inerente, estivemos interessados em localizar os fenómenos “na experiência vivida dos agentes, isto é, dar-lhe uma significação através da utilização de um processo analítico de definição de níveis de significação, níveis obtidos por sobreposição dos planos da *significação* e da *intenção* dos intervenientes” (Estrela, 1994, p. 242, *itálicos no original*). No seguimento do que afirma este autor, no processo de redução fenomenológica, procurámos compreender o significado que cada participante atribuiu às suas vivências, conjugando-o com o conjunto de intenções iniciais apontado pelas professoras em documentos de síntese prévios às aulas observadas.

Um dos aspetos de análise que considerámos essenciais nesta fase esteve relacionado com o discurso das professoras e alunos, nas aulas que foram áudio-gravadas e, posteriormente, transcritas. A análise de conteúdo mais detalhada foi realizada sobre as transcrições de quatro aulas, de cada professora. A seleção das aulas sobre as quais se centrou a análise de conteúdo teve por base os seguintes critérios: (1) duas aulas de cada unidade didática observada; (2) aulas que se centrassem na discussão de tarefas que as professoras tivessem implementado com a finalidade explícita de envolver os alunos em

práticas de argumentação científica; (3) aulas cujo conteúdo se centrasse exclusivamente nos temas do programa selecionados pelas professoras para desenvolver a argumentação científica dos alunos. Procurámos, ainda, que, em cada unidade didática, fosse analisada uma aula de 90 minutos (sem desdobramento da turma) e outra de 135 minutos (com desdobramento da turma, no caso das aulas de Telma, uma vez que o número de alunos de Alcina não permitia, em termos legais, esse desdobramento). Tendo em conta os critérios citados foram selecionadas as aulas 38 e 42, da unidade de Geologia, 76 e 77, da unidade de Biologia, da professora Telma e as aulas 47 e 48, da unidade de Geologia, 87 e 89, da unidade de Biologia, da professora Alcina. Na unidade de Biologia, lecionada por Alcina, foi observada somente uma aula com a duração de 135 minutos, a qual foi inteiramente dedicada a uma atividade de natureza laboratorial, desenvolvida pelos alunos distribuídos em grupos, pelo que ambas as aulas que foram selecionadas para análise, nessa unidade, tiveram a duração de 90 minutos

Para procedermos à análise de conteúdo das referidas aulas, estas foram segmentadas em episódios. Para a delimitação de cada episódio foram tidos em conta os momentos da aula, os tipos de discurso e os temas ou assuntos científicos discutidos ao longo de cada aula (Nascimento, Silva, & França, 2012). Adotamos neste trabalho a noção de episódio assumida por Mortimer, Massicame, Buty e Tiberghien (2007) que, conforme referido em Tavares (2012), consiste num “segmento do discurso da sala de aula que tem fronteiras claras em termos do conteúdo temático, da fase didática ou das tarefas que são desenvolvidas, podendo, dessa forma, ser nitidamente distinguido dos demais episódios que lhe antecedem e sucedem” (p. 15). Após essa segmentação, e com base em trabalhos desenvolvidos pelos autores citados, foram construídos mapas (Apêndice XIV) com a finalidade de caracterizar cada episódio, de acordo com algumas dimensões: (1) número do episódio; (2) tempo, correspondente ao início e final do episódio registado na gravação; (3) iniciação, na qual se identificou o agente que iniciou o episódio (professora ou aluno); (4) tipo de discurso, podendo corresponder a (i) discurso de gestão de aula, sempre que a finalidade discursiva foi a de manter o desenrolar de uma ação, sem intenção de abordar novos conteúdos, (ii) discurso de agenda, quando a professora referiu ações a desenvolver em momentos ou aulas posteriores ou se referiu às já ocorridas em momentos ou aulas anteriores e (iii) discurso de conteúdo, sempre que esteve em causa o desenrolar de conteúdos conceptuais ou procedimentais do programa da disciplina; (5) tema ou ação, correspondente à identificação do(s) conteúdo(s) abordado(s) ou à ação em

desenvolvimento. Através da análise aos episódios, bem como à dos restantes dados recolhidos ao longo desta fase, procedemos à caracterização das práticas pedagógicas escolares de cada uma das docentes, segundo algumas dimensões que serão apresentadas e exploradas no próximo capítulo.

Na análise de resultados, segundo Yin (2003), devemos atender a todas as evidências recolhidas. Estas foram sendo enquadradas em categorias previamente definidas, de acordo com as questões de investigação que orientaram a recolha de dados e os guiões das entrevistas. Procurámos, ainda, estabelecer alguma relação entre as categorias geradas aquando da análise dos resultados referentes às sessões do grupo focal e os dados recolhidos através dos estudos de caso. Os temas ou categorias definidas serão apresentados no próximo capítulo de análise e discussão dos resultados.

3.5.3 Critérios de validade do estudo

Para que uma investigação se torne credível junto de outros investigadores (ou outro tipo de leitor), deve ser considerada válida. A validade e fiabilidade são procedimentos que estão mais conotados com estudos quantitativos, ainda que os investigadores qualitativos não os descurem. No entanto, às pesquisas qualitativas são, habitualmente, atribuídos outros critérios de validade, a que correspondem procedimentos mais coerentes com a natureza dos métodos utilizados, como é sugerido por Flick (2005),

Em relação aos critérios de avaliação dos procedimentos e resultados da investigação qualitativa, foram discutidas, na literatura, diversas alternativas: A primeira é a aplicação dos critérios clássicos, como a validade e a fiabilidade, à investigação qualitativa, reformulando-os adequadamente para esse efeito. A segunda é a criação de novos critérios ‘ajustados’ aos métodos (Flick, 1987), e adaptados à especificidade da investigação qualitativa, por terem sido elaborados com base em alguns dos seus fundamentos específicos, e assim terem em conta as peculiaridades deste processo de investigação (p. 224).

Assim, podemos considerar que os critérios usados na avaliação de uma investigação diferem consoante se trate de um trabalho quantitativo ou qualitativo (Creswell, & Clark, 2007, 2011). Numa investigação em que uma metodologia mista se constitua como orientação metodológica, deve atender-se a critérios característicos daquelas duas abordagens.

Numa investigação de natureza quantitativa, a validade relaciona-se com a possibilidade de se efetuarem inferências estatísticas significativas, para a população, a

partir dos resultados alcançados com a amostra, e a fiabilidade, com a estabilidade dos resultados ao longo do tempo. Já num estudo qualitativo, o investigador deve minimizar o enviesamento dos dados recolhidos, atendendo a que neste tipo de abordagem, os resultados estão impregnados da subjetividade dos participantes, das suas opiniões, atitudes e perspetivas (Cohen, Manion, & Morriison, 2007).

Não podemos deixar de relembrar que a ênfase fundamental deste estudo foi de natureza qualitativa. Ressalvamos, uma vez mais, que devido à dimensão da amostra final, os resultados obtidos na componente quantitativa deste trabalho não podem ser generalizados à população. Foi desenvolvido um estudo piloto, no qual foram tidos em conta alguns procedimentos com o objetivo de tornar mais claros diferentes itens do questionário, sem que, no entanto, tenham sido aplicados outros procedimentos relativos a aferir a validade e fiabilidade do instrumento, antes da sua aplicação à amostra. O questionário foi utilizado fundamentalmente para fornecer alguns dados de frequência que pudessem ser posteriormente debatidos e interpretados pelos participantes no grupo focal. Assim, a validade esteve mais centrada nos procedimentos de construção do questionário e de constituição da amostra do que com a avaliação da coerência interna das diferentes dimensões consideradas.

Para evitar a utilização de conceitos e de procedimentos mais relacionados com estudos quantitativos, e porque os estudos qualitativos apresentam especificidades que os distinguem daqueles, Guba e Lincoln (1998) apresentaram uma terminologia e conceptualização avaliativa diferente a aplicar em trabalhos qualitativos. Tendo por referência os critérios discutidos por estes autores e também apresentados em Mertens (1998), passamos a referir alguns dos que utilizámos na componente qualitativa deste trabalho:

- Credibilidade - interessa perceber até que ponto existe uma correspondência entre as construções sociais dos participantes e as descrições que são apresentadas pelo investigador, em relação a essas mesmas construções. Assim, parte dos resultados deste estudo, nomeadamente os relativos à fase II, foram devolvidos às participantes, em versões preliminares, para que estas aferissem da credibilidade das descrições efetuadas. Outros procedimentos tidos em consideração relacionaram-se com (1) o nosso envolvimento prolongado com os participantes, nomeadamente durante as sessões do grupo focal e durante as aulas em que estivemos presentes como observadores; (2) o recurso à observação sistemática, durante os estudos de caso; (3) envio das transcrições

das sessões de grupo focal e de entrevistas individuais, aos professores, para que estes pudessem clarificar alguns aspetos que considerassem significativos; (5) partilha de uma parte considerável dos registos de observação de aulas, durante as entrevistas individuais, a fim de conhecermos as perspetivas das participantes sobre a informação obtida.

- Triangulação - procurámos estabelecer a triangulação de informação, através “da confrontação dos dados obtidos a partir de várias técnicas” (Lessard-Hébert, Goyette, & Boutin, 1990, p. 76). São apontados diversos tipos de triangulação: de dados, de investigadores, da teoria e metodológica. As metodologias mistas utilizadas no desenho da presente investigação permitem uma triangulação metodológica, na medida em que são utilizados diversos métodos na recolha de dados. Procedemos, também, a uma triangulação de dados, atendendo a que estes foram recolhidos em circunstâncias espaço-temporais diferentes, pelo que tivemos oportunidade de analisar possíveis flutuações nos significados construídos pelos participantes, quando em contextos diferentes. A triangulação teórica foi considerada na análise e discussão dos resultados, através da mobilização de perspetivas teóricas diferenciadas que enquadraram as nossas interpretações e as dos participantes.

- Transferibilidade - a descrição da investigação deve ser de tal forma densa que permita ao leitor julgar sobre a possível transferência dos resultados obtidos, para o seu contexto (Mertens, 1998). Poderemos associar esta perspetiva de transferibilidade à de generalização naturalista, referida por Stake (2009), em relação a estudos de caso. Desta forma, cabe aos leitores determinar qual a extensão de transferibilidade que se adequa ao seu contexto, pelo que os leitores são, também, elementos fundamentais no processo de validação desta investigação;

- Confiabilidade – por vezes, também designada de validade descritiva (Maxwell, 2002). De acordo com este autor, os resultados têm de ser apresentados de forma precisa, correspondendo à informação recolhida e comprovada pelo investigador, no campo. Para tal, foram utilizadas na apresentação e discussão dos resultados, diversos excertos retirados das entrevistas, dos registos de observação, dos documentos que nos foram entregues pelos professores, recorrendo, portanto, às fontes originais;

- Autenticidade – refere-se à necessidade de apresentar, de forma equilibrada, as perspetivas dos participantes sobre determinado assunto. Procurámos, apresentar os diferentes pontos de vista dos professores, durante a apresentação e discussão dos resultados. Segundo Maxwell (2002), “a aplicabilidade do conceito de validade aqui

apresentado não depende da existência de uma verdade absoluta ou realidade com que uma descrição possa ser comparada” (p. 42). Nesta perspetiva, queremos salientar que uma descrição não corresponde a um isomorfismo da realidade, pois que esta é construída pelos atores sociais, não existindo uma verdade absoluta a ser percebida pelo investigador, mas sim verdades múltiplas, no respeito pelas diferentes perspetivas dos intervenientes numa investigação.

3.5.4 A dimensão ética da investigação

Qualquer investigação científica deve ter em conta aspetos éticos. No domínio das ciências sociais e humanas deve atender-se à relação custo/benefício para os participantes. Se, por um lado, um investigador deve procurar desenvolver o seu trabalho na busca de uma melhor compreensão dos fenómenos que pretende estudar, por outro, deve acautelar a integridade moral e os direitos de quem aceitou, de livre vontade, participar no estudo. O equilíbrio indispensável neste processo, por vezes, leva a alguns dilemas, nem sempre fáceis de contornar, pois “exige[-se] dos investigadores um equilíbrio entre as exigências colocadas sobre eles como cientistas profissionais na busca da verdade e os direitos e valores dos seus sujeitos potencialmente ameaçados pela investigação” (Cohen, Manion, & Morisson, 2000, p. 49).

Ao longo deste trabalho, colocámos em prática alguns procedimentos que procuraram o equilíbrio referido. A implementação do questionário foi precedida de prévia autorização pelos serviços do MEC. Inicialmente foi previsto o anonimato dos inquiridos através do questionário. No entanto, isso colocar-nos-ia outra questão relevante que se relacionava com a necessidade de controlar a identificação das escolas que nos iam devolvendo os questionários preenchidos. Assim, através da colocação de um código em cada um dos exemplares do questionário, que permitiu efetuar aquela identificação, houve quebra parcial do anonimato. Esta quebra de anonimato ocorreu, ainda, quando os professores se identificaram, no final do questionário, dispondo-se a participar no prosseguimento do estudo. No entanto, foi assegurada a confidencialidade da informação, uma vez que os dados foram tratados na sua globalidade e não se efetuou a análise dos resultados escola a escola, nem questionário a questionário.

Em relação ao grupo focal, o anonimato foi quebrado pois passámos a ter contacto direto com os participantes. No entanto, estes deram o seu consentimento à participação ativa na investigação, depois de informados sobre os objetivos do estudo e do trabalho a

desenvolver, bem como dos riscos e benefícios que poderiam daí advir. Num primeiro momento, referimos, ainda, que se deveriam sentir livres para abandonar o grupo, se assim o entendessem, respeitando-se, assim, o seu direito à autodeterminação (Cohen, Manion, & Morrisson, 2007; Vilelas, 2009). No início da primeira sessão de grupo focal, fizemos um apelo à participação ativa de todos os membros, salientando que o respeito mútuo seria uma norma a seguir, bem como o direito à liberdade de expressão de opiniões. As regras de funcionamento do grupo foram discutidas com os participantes. Estes deram sempre autorização para o registo áudio das sessões do grupo focal. Informámos, ainda, os participantes de que neste trabalho não constaria o nome real de cada um, mas antes pseudónimos, de forma a manter o anonimato dos diferentes elementos, perante os leitores. O ambiente no grupo focal foi de colaboração, tendo-se estabelecido relações de confiança, entre todos, desde o primeiro momento. Houve uma total abertura, no seio do grupo, para debate de diferentes pontos de vista, o que permitiu inferir sobre o clima democrático e de liberdade que se vivenciou durante a partilha de ideias.

Os dados recolhidos nos estudos de caso são, também, confidenciais. As escolas onde foram realizadas as observações foram informadas dos objetivos da investigação e permitiram-nos o livre acesso às aulas, desde que com o consentimento das professoras. Por fim, salientamos que todas as informações presentes neste trabalho foram recolhidas no total respeito pela liberdade individual e sem qualquer coação sobre os participantes (professores e alunos).

CAPÍTULO 4.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Este capítulo é constituído por dois subcapítulos principais, de acordo com dois grandes blocos temáticos. Assim, no subcapítulo 4.1, abordamos o bloco temático ‘concepções’, correspondente à fase I, do trabalho empírico (Figura 8) e no subcapítulo 4.2, exploramos o bloco relativo às ‘práticas pedagógicas’, correspondente à fase II do estudo. Ainda que as duas temáticas estejam, a nosso ver, intimamente relacionadas, foram objeto de investigação em diferentes momentos e com objetivos diferenciados. Assim, em 4.1 encontramos uma análise das concepções dos professores participantes do estudo realizada a partir das intervenções ocorridas nas sessões do grupo focal, na qual se incorporaram dados do questionário, enquanto em 4.2 nos debruçamos sobre a análise dos dois estudos de caso, com a apresentação e discussão de dados recolhidos em relação a cada uma das duas professoras participantes.

No subcapítulo 4.1, os dados são apresentados e discutidos através de categorias que resultaram de processos indutivos e dedutivos de análise das informações recolhidas durante o estudo empírico. Cada uma dessas categorias está subdividida em diferentes subcategorias, que se esquematizaram sob a forma de mapas semânticos. Cada uma das subcategorias inclui, ainda, algumas subdivisões ou dimensões de análise. Os mapas apresentados constituem-se como uma representação gráfica reveladora da estrutura de uma dada categoria (Heimlich, & Pittleman, 1986). A sua configuração permite-nos dar, por um lado, uma visão global das diferentes categorias e subcategorias e, por outro, perceber que relações se estabeleceram entre elas.

No subcapítulo 4.2, cada uma das professoras constituiu-se como unidade de análise. Nesta secção, dedicada à descrição e análise das práticas pedagógicas das professoras, orientadas intencionalmente para o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos, procurámos estabelecer vínculos com os resultados apresentados e discutidos em 4.1, tendo constituído como categorias de análise, as temáticas que foram exploradas, durante as entrevistas individuais realizadas às professoras, após a observação dos conjuntos de aulas, relativos às unidades didáticas 1 e 2.

Ao longo do texto apresentam-se várias citações dos participantes no estudo, pelo que se torna necessário identificar a fonte de informação de onde foram retiradas. Para tal utilizámos o processo de nomenclatura que consta da Tabela 13.

Tabela 13

Nomenclatura para identificação da fonte de informação, na apresentação dos resultados

Fase da investigação	Fonte de informação	Nomenclatura utilizada
I (Etapa 1)	Questionário aos professores	QP (QP1... QP205)
	Entrevistas em grupo focal	GF (GF1... GF7)
I (Etapa 2)	Documento produzido pelos professores durante as sessões de grupo focal	DP (DP1 e DP2)
	Reflexão escrita individual de professor após o final das sessões de grupo focal	RE
II	Transcrição de aula	A (A1...An)
	Reflexão de professor prévia às aulas	RP (RP1...RPn)
	Registos de observação das aulas	RO (RO1...ROn)
	Tarefas das aulas (fichas de trabalho,...)	TA (TA1...TAn)
	Outros materiais didáticos apresentados pelos professores durante as aulas (p.e., <i>powerpoints</i>)	MD
	Entrevista individual a professor	EP (EP1... EP3)
	Materiais produzidos pelos alunos (p.e.,relatórios, respostas a fichas de trabalho, <i>powerpoints</i> ,...)	MPA
	Questionário aos alunos	QA (QA1...QAn)
	Entrevista, em grupo, a alunos	EA

Acrescentamos que a seguir a cada uma das nomenclaturas, colocámos as duas letras iniciais de cada um dos respetivos pseudónimos dos professores (uma letra maiúscula e outra minúscula), para que possam ser identificados e um número, correspondente ao turno da fala que lhe foi atribuído no processo de transcrição das sessões de grupo focal, das aulas ou das entrevistas. Concretizando com exemplos: (1) o código ‘GF6_II_43’ identifica uma intervenção de Ilda, na sexta sessão de grupo focal, com o turno da fala 43; (2) a reflexão escrita individual, elaborada por Alcina, após a última sessão de grupo focal, está identificada por ‘RE_AI’; (3) o registo de observação nº 6, de uma aula lecionada pela Telma leva a nomenclatura ‘RO6_Te’. As citações retiradas dos questionários e/ou entrevistas aos alunos foram, também, identificadas usando os mesmos procedimentos. Desta forma, a citação cuja fonte de informação seja um

questionário de um aluno da professora Telma, ao qual tenha sido atribuído o código 10, tem a nomenclatura – ‘QA10_Te’.

4.1 Fase I

A exploração dos resultados desta fase da investigação centra-se na análise das concepções dos professores relativas (1) à argumentação científica; (2) à natureza da ciência; (3) aos programas de Biologia e Geologia, do ensino secundário e (4) às práticas pedagógicas intencionalmente orientadas para a promoção da argumentação científica dos alunos. Estas dimensões constituíram-se como pontos de charneira, constituindo as categorias de análise dos resultados obtidos através do questionário e das várias sessões de grupo focal, todas elas em torno da temática principal deste trabalho – a argumentação científica.

Em seguida, analisamos cada uma das categorias *per si*, apresentando, no final de subsecções, uma síntese dos resultados considerados mais relevantes.

4.1.1 Concepções relativas à argumentação científica

Uma das vertentes deste estudo prendeu-se com a necessidade de identificarmos que concepções possuíam os docentes sobre argumentação científica e que papéis lhe atribuíam nos processos de ensino e de aprendizagem científica, particularmente do ensino da Biologia e Geologia. Assim, situámos a categoria ‘argumentação científica’ em dois contextos distintos: no contexto da produção de conhecimento e no contexto escolar, que se constituíram como duas subcategorias (Figura 11).

Em relação à primeira daquelas subcategorias surgiram três dimensões de análise, relacionadas com o conceito de argumentação científica: (1) perspetivas dos docentes em relação ao conceito; (2) os dados e as provas científicas e (3) os argumentos. Na subcategoria ‘contexto escolar’, emergiram como dimensões de análise: (1) a importância da argumentação no ensino das ciências e (2) o uso de provas no ensino e aprendizagem das ciências.

4.1.1.1 Contexto da produção de conhecimento

A – Perspetivas sobre argumentação científica

Quando questionados acerca das suas ideias sobre o conceito de argumentação científica, os professores do grupo focal centraram-se, essencialmente, numa perspetiva de argumentação como processo justificativo de enunciados, ideias ou posições sobre um

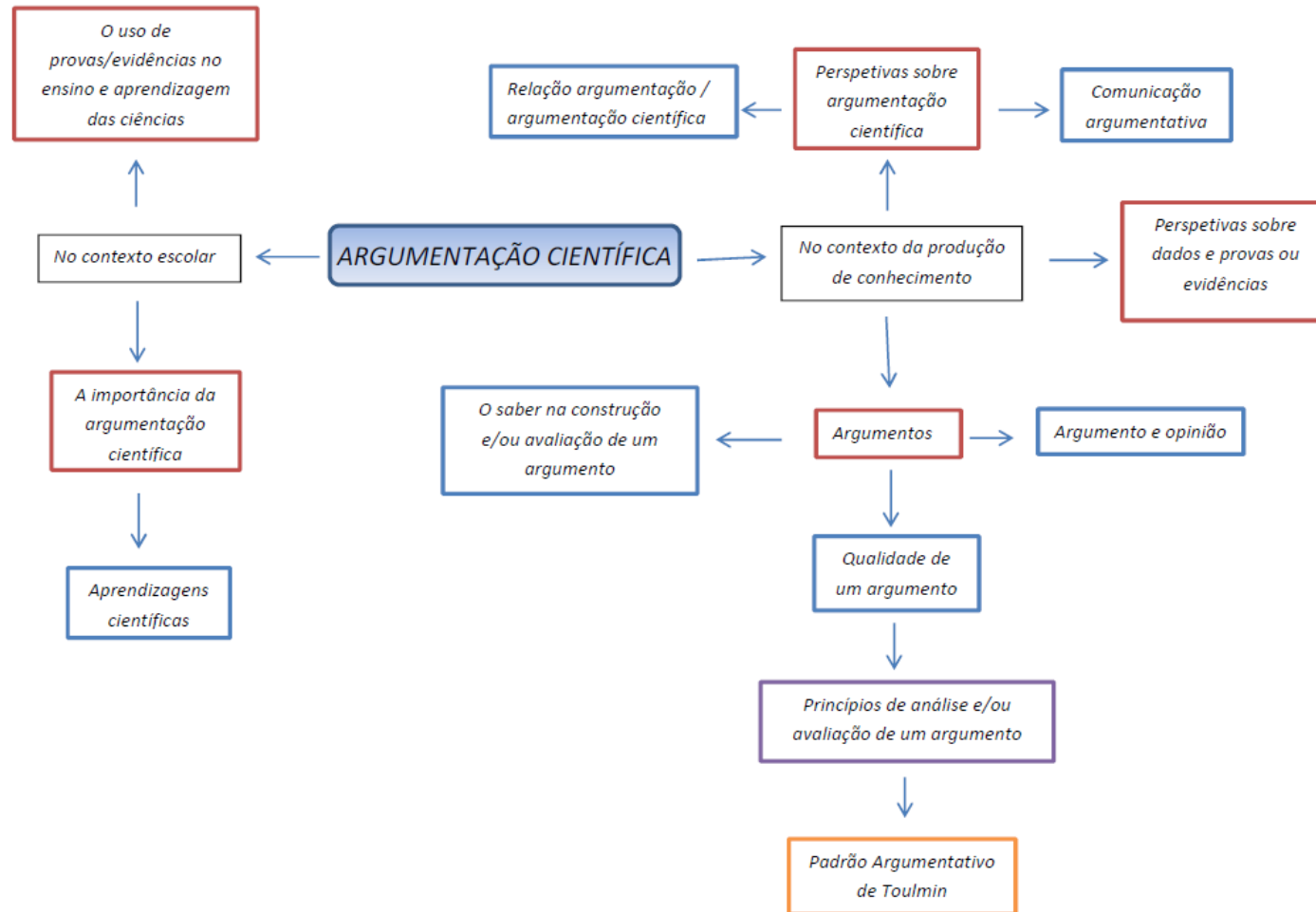


Figura 11 - Mapa semântico relativo ao bloco temático/categoria – ‘Concepções de professores sobre argumentação científica

determinado assunto científico. Assim, referiram que a argumentação científica implica a construção fundamentada de afirmações e que esta é uma das características da própria ciência. Isto foi salientado por Emílio, na sua reflexão individual, quando referiu que

a argumentação científica consiste na justificação de afirmações em ciência, a partir de evidências, que constitui um aspeto crucial em ciência. É através da argumentação que a ciência evolui. (RE_Em.)

Esta relação entre argumentação e ciência foi proferida por outros docentes, associando-a com capacidades de pensamento crítico e de reflexão, com uma forte dimensão racional. Tânia chegou mesmo a estabelecer uma justaposição entre argumentação e ciência, referindo que os cientistas refletem sobre determinados temas e que esta atividade reflexiva se pode constituir como uma argumentação interna, o que Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) designam como argumentação individual e que Garcia-Mila e Andersen (2008) designam como argumentação intrapsicológica. Esta perspetiva foi também apoiada por Ilda. Esta professora comparou a argumentação individual a um processo interno de organização e apropriação de informação, próxima de processos metacognitivos, quando afirmou:

Nós recolhemos informação e depois trabalhamos-la (...) trabalhamos-la na nossa mente, Arrumamos-la, acrescentamos as nossas próprias ideias sobre o assunto, as nossas próprias experiências ou vivências ou não sei quê, e fazemos uma... uma mudança à informação que recebemos e depois é preciso saber expressar isso, não é? Passar para fora e saber passar... com as fundamentações adequadas à nossa posição (GF1_II_266).

Ainda que Ilda tenha concebido a argumentação enquanto processo individual e interno, não deixou de salientar a sua importância em termos sociais, uma vez que se referiu ao *“passar para fora e saber passar com as fundamentações adequadas...”*, pelo que considerou a necessidade de adequar o discurso a um auditório, procurando responder às suas necessidades.

Curiosamente, apesar desta noção de argumentação enquanto processo social, com a apresentação de pontos de vista ou posições diferentes, ser frequente nas ideias proferidas pelos professores, só raramente surgiu, ao nível do discurso nas primeiras duas sessões de grupo focal. Neste caso foram mencionadas explicitamente a discussão ou debate, perspetiva amplamente presente em certas conceções de argumentação, como as de van Eemeren e Grootendorst (2004). Ainda assim, podemos assumir que esta conceção estivesse implícita nas palavras dos professores quando associaram o ‘confronto’ de posições com a argumentação.

Outra característica atribuída por diversos autores (Driver, Newton, & Osborne, 2000; McNeill, & Pimentel, 2010; Santos, Mortimer, & Scott, 2001;) à argumentação é a dialogicidade discursiva que se gera quando alguém tem em consideração as perspetivas do seu interlocutor, procurando refutá-las recorrendo, por exemplo, à apresentação de provas que as contrariem. No entanto, este aspeto esteve quase omissa na discussão gerada no seio do grupo focal, pelo menos, durante a primeira sessão, na qual foram expostas, de forma mais direta, as conceções de argumentação. Apenas Hélder acabou por se referir à discordância, mencionando que argumentar é, também, ter a capacidade de discordar de algo e de saber dizer não, devendo ser explicadas as razões que permitem assumir essa mesma posição. As perspetivas dos restantes participantes direcionaram-se, maioritariamente, para uma conceção mais individualista do discurso argumentativo. Assim, cada indivíduo acaba por defender o seu próprio ponto de vista e construir um discurso monológico, onde a preocupação se centra mais na elaboração de uma explicação de um fenómeno do que na discussão em torno de hipóteses alternativas (Newton, Driver, & Osborne, 1999). Esta conceção foi veiculada através da voz de Emílio:

é nesta perspetiva que eu vejo a argumentação, é utilizar a informação, de forma útil, para eu saber entender e saber explicar, de facto (...) como é que é o conhecimento científico em si, e o sustentar de uma forma...[válida] (GF1_Em_288).

Nesta afirmação consideramos que se expressa uma visão de que a argumentação tem a finalidade de sustentar o conhecimento científico através de provas, com a finalidade de “saber entender e saber explicar”. Existe, naquela citação, uma conceção que conecta a argumentação com a explicação, situação que é referida por vários autores (Berland, & Reiser, 2009; Sasseron, & Carvalho, 2011a), relacionando a argumentação com um discurso fundamentado ou com um raciocínio explicativo (Newton, Driver, & Osborne, 1999).

Quando propusemos aos professores, no questionário, que comentassem a afirmação, “É mais fácil argumentar sobre assuntos científicos polémicos do que sobre assuntos científicos consensuais”, procurámos, também, compreender que ideias tinham sobre argumentação científica e que relações estabeleciam entre esse conceito e a natureza, polémica ou consensual, do conhecimento científico. Do total de 205 professores que preencheram o questionário, um número considerável – 32 – não respondeu a este item, o que representa 15,6% do total da amostra. Assim, foram analisadas 173 respostas que foram agrupadas em quatro categorias: (A) discorda da

afirmação, sempre que os inquiridos referiram ser mais fácil argumentar sobre assuntos científicos consensuais; (B) não concorda nem discorda da afirmação, quando os respondentes referiram que o grau de facilidade ou dificuldade da argumentação é independente da natureza, consensual ou polémica, dos assuntos científicos; (C) concorda com a afirmação, se os inquiridos referiram que a polémica em torno de um tema científico favorecia a argumentação e (D) respostas descontextualizadas ou sem fundamentação, se o texto era confuso, sem um esclarecimento cabal da posição do respondente, sem se relacionar diretamente com o conteúdo da afirmação a comentar ou sem apresentar qualquer justificação. Apresentamos, em seguida, dois exemplos, de um total de 21 (12,1%) respostas, que foram incluídas nesta última categoria (D):

A argumentação não pode ser a afirmação da verdade porque o verdadeiro diálogo nunca esgota a possibilidade de investigação da verdade (Q. 5).

Da discussão nasce a luz (Q. 191).

Como podemos verificar através da Figura 12, uma larga maioria das respostas – 61,3% (106) – foi enquadrada na categoria C. Às restantes duas categorias, A e B, corresponderam, respetivamente, 8,1% (14) e 18,5% (32) respostas.

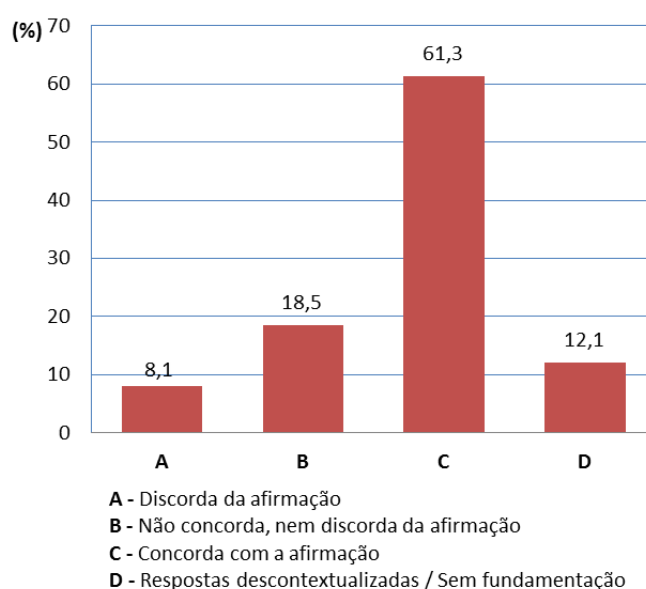


Figura 12 – Frequências relativas das respostas ao item IV do questionário, por categoria

As respostas dos professores que referiram que a argumentação é facilitada quando os assuntos científicos são consensuais aludem, maioritariamente, à relevância da argumentação enquanto justificação de enunciados científicos ou discurso fundamentado,

reforçando a perspectiva individual do processo argumentativo (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Garcia-Mila, & Andersen, 2008) que, em parte, foi defendida por alguns dos professores do grupo focal. Atribuem importância, na argumentação, à mobilização de factos científicos, que estejam sustentados em dados, provas e informações, tal como se pode perceber pelo seguinte exemplo,

A argumentação deve basear-se em factos. Assuntos científicos consensuais são aqueles que são suportados por um conjunto mais vasto e sólido de evidências. Nesta medida a argumentação está facilitada. (Q. 47)

Consideramos, nesta perspectiva, que estes professores valorizaram a dimensão monológica, próxima de um discurso explicativo, e tenderam a diminuir a dimensão dialógica da argumentação, na qual se procura coordenar e atender a diferentes pontos de vista. Há, aliás, quem tenha sublinhado que lidar com ideias diferentes é uma dificuldade, particularmente, quando se discutem assuntos científicos polémicos e, de forma implícita, tenha associado argumentação à apresentação de uma perspectiva única sobre um dado assunto, como se pode perceber através da resposta seguinte:

Os assuntos científicos polémicos levam a uma maior discussão, ideias diferentes sobre o mesmo tema, o que vai dificultar a argumentação. Os assuntos consensuais, embora a discussão possa ser menor, há uma facilidade na argumentação dos factos (Q. 60).

Apesar da dificuldade e complexidade atribuída à gestão de discussões, em que as diferenças de ideias entre interlocutores emerge, há, simultaneamente, um reconhecimento de que a abordagem de temas polémicos pode ser mais motivadora para quem participa deste processo de construção do conhecimento,

Não concordo com a afirmação, pois na minha opinião argumentar sobre assuntos polémicos é bastante mais complexo, embora mais motivador. Num assunto polémico há necessidade de garantir uma argumentação melhor estruturada, o que representa uma dificuldade acrescida (Q.45).

Segundo este professor, há a necessidade de objetivar o conhecimento, apresentando-o de uma forma estruturada uma vez que, desta forma, há uma convergência de perspectivas que facilitam a construção de um entendimento comum dos assuntos. Assim, estes professores parecem enaltecer uma concepção de conhecimento científico a uma só voz, veiculando explicações únicas, menorizando a discussão em torno da diversidade de alternativas ou hipóteses interpretativas de um dado fenómeno, dando maior destaque à dimensão cognitiva e estrutural da argumentação do que à sua dimensão social (McNeill, & Pimentel, 2010; Schwarz, 2009).

Quando analisamos as respostas correspondentes aos professores que concordaram com a afirmação, há uma quase inversão no destaque dado àquelas dimensões. Assim, os comentários destes professores valorizaram significativamente a argumentação como confronto, discussão ou debate entre duas, ou mais, posições atribuindo a sua facilidade à natureza polémica do assunto em análise (van Eemeren, & Grootendorst, 2004), como se pode perceber pelo seguinte texto,

Os assuntos científicos polémicos são mais geradores de argumentações, criando ambientes de acesas discussões sempre muito proveitosas no desenvolvimento do processo de argumentação (Q. 8, sublinhado no original).

Verificámos, ainda, que 77% dos comentários que se incluem na categoria C, fizeram alusão à argumentação como processo social, na qual se trocam e discutem ideias diferentes, num contexto, por vezes, conflituoso, onde diferentes pontos de vista estão em confronto, salientando-se, desta forma, a sua dimensão dialógica. Alguns professores associaram os assuntos polémicos que propiciam a discussão (ou argumentação, neste contexto), a problemáticas que envolvem, para além do conhecimento científico, os campos económico, social, ético ou moral, através da exploração de controvérsias sociocientíficas (Kolstø, 2001; Reis, 2008), como se refere neste comentário,

Os assuntos científicos polémicos têm, geralmente, implicações socioeconómicas. É mais fácil mobilizar e desenvolver a discussão crítica e a tomada de decisão sobre assuntos como a reprodução medicamente assistida, exploração sustentada de recursos, uma vez que são assuntos relativamente aos quais existem diversas posições possíveis de serem sustentadas com argumentos (Q. 38).

Estes professores assumiram, assim, que a exploração deste tipo de dilemas, frequentemente presentes na comunicação social, promove a argumentação pois potencia a motivação dos diferentes interlocutores e o questionamento, ao contrário do que sucede quando se abordam assuntos científicos consensuais. Estes, geralmente, não propiciam o levantamento de questões, uma vez que “há um conhecimento científico, de formação básica, já enraizado, que se torna difícil de abandonar ou questionar” (Q. 194), o que diminui o grau de discutibilidade dos assuntos e, portanto, de argumentação. Parece, assim, que este grupo de professores teve maior dificuldade em associar a argumentação a questões científicas consensuais, de tal forma que, por vezes, surge a ideia de que uma das vantagens dos assuntos polémicos em espoletar a discussão ou o debate é a não “cristalização do saber” (Q. 23), ou o facto de “serem assuntos pouco objetivos” (Q. 169), característica que os afasta da maioria dos assuntos abordados pela ciência escolar.

Esta perspetiva foi, também, apresentada num estudo levado a cabo por Sadler (2006), no qual o autor concebeu um curso de formação inicial de professores, tendo como uma das finalidades salientar a relevância de um ensino das ciências promotor do desenvolvimento da argumentação científica. No final do curso, os professores referiram que a argumentação não podia ser desenvolvida em sala de aula devido à natureza pouco controversa dos conteúdos científicos que constam dos currículos escolares. Esta perspetiva, segundo o mesmo autor, “ignora o facto de que a argumentação pode envolver evidências e enunciados, e não tem que ser necessariamente controversa” (Sadler, 2006, p. 334), tal como é sustentado pelos professores que discordaram da afirmação do questionário.

As respostas correspondentes aos casos em que os professores afirmaram não concordar, nem discordar da afirmação apresentada (categoria B) foram as que apresentaram uma maior diversidade de aspetos relacionados com a argumentação científica. Tal como no grupo de respostas anterior, a maioria destes comentários centra a argumentação no domínio dialógico do discurso, atribuindo-lhe as características próprias de um debate ou de uma discussão. Para 22% desses docentes, se, por um lado, os assuntos polémicos são propiciadores desse tipo de atividade discursiva, por outro, os assuntos consensuais também podem ser alvo de debate ou discussão pois, em dado momento da evolução do conhecimento, foram também eles polémicos, pelo que são sempre argumentáveis. O próximo excerto é disto um exemplo,

Numa primeira abordagem parece que os assuntos consensuais já estão resolvidos mas embora hoje exista um grande consenso sobre vários temas da Biologia nem sempre foi verdade para os mesmos assuntos, é importante verificar que o conhecimento científico foi construído com base em debate, conflitos e persistência. Embora alguns assuntos pareçam consensuais já foram polémicos e por isso bons para desenvolver a capacidade de argumentação (Q. 2).

Consideramos que os professores pretenderam, com este tipo de respostas, salientar o papel da discutibilidade dos temas ou assuntos (Mirza, Perret-Clermont, Tartas, & Iannaccone, 2009), associando-o a processos de construção do conhecimento científico, que envolvem, por norma, discussões académicas. Esta discutibilidade está relacionada com “uma característica do discurso, que emerge na própria situação em que este é produzido” (Chiari, & Leitão, 2005, p. 353), considerando-se desta forma que ela depende mais das ações comunicativas que se geram durante a própria abordagem que se faz a determinado assunto do que da natureza, polémica ou consensual, do próprio assunto. Tendo em conta esta perspetiva, “qualquer tema poderia, em princípio, ser

apresentado/representado como polémico e, portanto, passível de discussão” (Chiaro, & Leitão, 2005, p. 353).

A noção de argumentação como discussão está também presente em 28% das respostas da categoria B que referem que mais do que a natureza do assunto científico sobre o qual se pretende argumentar, são importantes os conhecimentos do argumentador, como se refere nos seguintes exemplos,

O argumento sobre assuntos científicos é tão fácil ou difícil em qualquer das situações, tudo depende do grau de preparação de cada interveniente na argumentação. Pode ser mais fácil de aceitar a argumentação nos assuntos consensuais mas a argumentação depende daquilo que se sabe / conhece sobre o assunto científico em causa (Q. 109, sublinhado nosso).

..., o argumentador deverá ser detentor de conhecimentos científicos suficientes para construir o seu pensamento e tomar posições sobre o assunto em causa. (Q. 86)

Desta forma, centra-se a noção de argumentação sobre a credibilidade do orador e sobre a dimensão lógica do discurso, enquanto elementos fundamentais da racionalidade argumentativa. Estas duas perspetivas relativas à argumentação – o facto de qualquer assunto poder ser argumentável, independentemente da sua natureza, e a necessidade daquele que argumenta ser possuidor de uma base sólida de conhecimentos profundos sobre o assunto em discussão – são as mais presentes nas respostas dos professores, que foram integradas na categoria B. Para além destas, surgiram outras, menos representativas, como (i) a existência de refutações durante a discussão de um assunto, (ii) a importância da evidência e (iii) o papel da crítica na argumentação. Assim, uma das respostas refere que,

Em qualquer domínio há sempre situações de discussão que se desenvolvem num determinado nível de profundidade, no qual cada interveniente expõe os argumentos que apoia (o seu ponto de vista), responde às críticas feitas contra ele e refuta os argumentos do adversário. Qualquer um dos assuntos é passível de ser argumentado com intensidade. O que existe, sempre, são ideias que podem ser exploradas ou não (Q. 149).

Nesta resposta salienta-se, uma vez mais, a argumentação como “situações de discussão”, com apresentação de pontos de vista diferentes, mas, também, com a produção de um discurso crítico e de procura de refutação de argumentos de outros interlocutores. Estas ideias vêm sendo sustentadas por diversos autores que se têm debruçado sobre esta temática (Andriessen, 2006; Erduran, Simon, & Osborne, 2004; van Eemeren, & Grootendorst, 2004).

Em suma, podemos afirmar que, atendendo às respostas dadas ao item IV do questionário, os professores salientaram diferentes características da argumentação. Se,

por um lado, há os que admitiram uma visão estruturalista da argumentação, atribuindo-lhe um papel informativo/explicativo (Ruiz, Márquez, & Tamayo, 2012), outros salientaram o seu aspeto dialógico, através de processos de discussão ou debate, sem que estas perspetivas sejam necessariamente exclusivas.

A fim de percebermos um pouco melhor as visões dos professores do grupo focal sobre o conceito de argumentação científica, convidámo-los a comentar três respostas obtidas através do questionário, representando as categorias A, B e C:

(A) Para mim, é mais fácil argumentar sobre assuntos científicos consensuais, pois geralmente os conteúdos em questão são mais objetivos, mais concretos (Q. 92, Categoria A).

(B) Os assuntos científicos polémicos permitem uma discussão de pontos de vista contraditórios com apresentação de argumentos que os fundamentem. Por este facto são fáceis de debater apresentando argumentos pró e contra esses assuntos. Ao contrário, os assuntos consensuais que são igualmente argumentados, não permitem uma mesma abordagem (tipo pró e contra) mas permitem a apresentação de diferentes pontos de vista apesar de todos apontarem no mesmo sentido. Desta forma considero que o grau de dificuldade é semelhante (Q. 181, Categoria B).

(C) Quando o consenso se estabeleceu torna-se mais difícil quebrar a sua harmonia, tanto na ciência propriamente dita, como na sala de aula, por isso se torna mais fácil (imediato/motivante/apelativo) partir de assuntos científicos ainda não cristalizados do saber ou aproveitar situações que ainda se estão a começar a equacionar e para as quais ainda não há teorias completamente estabelecidas (Q. 23, Categoria C).

Dos professores participantes no grupo focal, somente Hélder, Emílio, Ilda e Telma se manifestaram explicitamente sobre as referidas respostas. Hélder destacou o aspeto do debate do tipo “pró/contra”, salientado na resposta B, referindo que quando se discutem assuntos do tipo “*ou é a favor, ou não é a favor*” (GF1_He_346), se torna mais fácil mobilizar o discurso argumentativo. Esta resposta está, aliás, em concordância com a posição deste professor, citada anteriormente, quando ressaltou o papel da discussão e das refutações durante a argumentação. Ilda afirmou discordar totalmente da afirmação (A), pois não conseguia perceber a relação entre a objetividade do assunto e a facilidade em promover a argumentação, apontando para uma perspetiva próxima da de Hélder. Referiu que poderia ter sido ela própria a escrever a resposta (B), na qual se reviu, por nela se referir o debate, atividade que ela usa, por vezes, nas suas aulas, quando pretende promover a argumentação dos seus alunos. Já em relação à resposta (C), Ilda referiu que “*se o assunto não é polémico, tem que ser a própria pessoa a começar a refletir sobre ele para quebrar, para argumentar*” (GF1_Il_377), salientando que não é impossível desenvolver a argumentação sobre assuntos consensuais, sendo, no entanto, mais complexo gerar a discussão nesta circunstância. Em relação a Emílio e Telma, ambos

apresentaram posições um pouco diferentes das de Hélder e Ilda. Sustentando-se numa perspetiva de argumentação enquanto processo que implica a apresentação de provas para apoio de teorias, hipóteses, modelos, estes docentes criticaram as três afirmações por não reverem nelas essa perspetiva. Emílio chegou mesmo a afirmar que *“espontaneamente, quando li estes três, sinceramente, senti-me inclinado a discordar com todos (...) Não sei se estou de acordo com algum”* (GF1_Em_359). Continuando a sustentar a sua posição, e após Telma ter estabelecido uma relação entre assuntos polémicos e questões de natureza sociocientífica, Emílio acabou por referir que, neste contexto, se põe em causa a validade dos argumentos utilizados por não envolverem apenas aspetos científicos, acabando por distinguir argumentos de meras opiniões, assunto que abordaremos posteriormente. Assim, nas palavras de Emílio,

Eu acho que os assuntos... polémicos, permitem, de facto, uma rica discussão de opinião mas podem não ajudar na... na parte científica, na parte da... da... da validade, aquilo que falávamos há pouco, de ser mais válido, até porque, em termos de opinião, não podemos considerar que há coisas mais válidas do que outras, não é? À partida, todas as opiniões têm que ser respeitadas, independentemente daquilo em que se sustentem (GF1_Em_365, sublinhado nosso).

Esta posição foi também corroborada por Telma que afirmou,

Parece que se há polémica parece que tudo que vai ser mais fácil, de certeza que vai haver ali um conjunto de pessoas, opiniões diversificadas e vão aparecer argumentos, quer dum lado quer doutro... e... e se calhar com a mesma validade mas que não tem nada a ver com o carácter científico da questão, é uma questão de opinião, essa... essa, isso, no fundo, tem mais a ver com a discussão de questões com uma vertente... pode também ter uma vertente científica mas também tem uma vertente social, não é? (GF1_Te_362).

Parece existir, nestes dois professores, uma perspetiva de que a argumentação científica deve ter como alvo a abordagem de assuntos de natureza estritamente científica, uma vez que são os que permitem uma melhor utilização de provas, não devendo envolver opiniões pessoais, que não têm a mesma validade daquelas. Assim, a argumentação científica deve fundamentar-se naquele tipo de informação. Parece-nos, ainda, que associam os assuntos polémicos, em ciência, a questões de natureza sociocientífica. Nestes contextos, segundo Emílio e Telma, estão envolvidas opiniões pessoais, cuja validade não é discutível e que podem comprometer o processo de argumentação científica, por não se basearem, exclusivamente, na utilização de dados. Aliás, todos os professores atribuíram um peso significativo à utilização de dados nos processos de argumentação científica.

Alcina afirmou que há aspetos específicos que permitem distinguir uma argumentação coloquial ou não científica de uma argumentação científica. Para esta professora, tal como para Fátima, a argumentação científica tem de se basear em dados. Tânia afirmou que a argumentação não científica é de natureza mais abrangente, uma vez que num processo de argumentação científica apenas se utilizam dados, que são característicos da própria ciência. Hélder referiu que alguém que tenha uma boa capacidade argumentativa no domínio de outras áreas do conhecimento pode apresentar um bom desempenho num processo de argumentação científica, pelo que parece considerar que há aspetos de oratória e de raciocínio que são transversais a qualquer abordagem argumentativa de um assunto, independentemente da sua natureza.

Ao analisarmos a pequena discussão sobre a comparação entre argumentação e argumentação científica, consideramos que os professores situaram a diferença, sobretudo, no produto final da argumentação, isto é, nos argumentos propriamente ditos. Efetivamente, é nos argumentos que devemos encontrar as razões que fundamentam os enunciados científicos, razões essas que se devem consubstanciar em dados. No entanto, no discurso dos docentes nunca apareceram outros aspetos mais específicos da argumentação científica, como os contextos particulares onde ela se desenrola e nos quais os argumentos são avaliados, refinados e validados, já para não falarmos na utilização de estruturas conceptuais (leis, teorias, hipóteses, por exemplo) com características distintas das mobilizadas num processo de argumentação não científica. No fundo, estão envolvidas dimensões conceptuais, cognitivas e sociais próprias do contexto de funcionamento da comunidade científica que moldam a forma como “o conhecimento é comunicado, representado, argumentado e debatido” (Duschl, 2008b, p. 277). Se, por um lado, podemos interpretar esta ausência no discurso como indiciadora de uma menor valorização dos contextos de produção do conhecimento e uma maior relevância do produto final – conhecimento científico – por outro, também o podemos atribuir a um eventual desconhecimento desses mesmos contextos por parte dos professores.

Em termos de comunicação argumentativa, os professores conferiram grande importância ao *ethos* do orador, isto é à sua credibilidade e à sua capacidade persuasiva. A credibilidade pode ser vista sob o ângulo dos conhecimentos ou saberes que o orador deve possuir ou, ainda, pela capacidade de comunicar, de forma clara e eloquente, a mensagem que dirige ao seu auditório, que pretende convencer. De acordo com Telma, para uma boa defesa de um argumento, o orador deve ter competências de comunicação

básicas e deve “dominar a matéria” (GF2_Te_68), pois caso contrário cairá em descrédito. Fátima também sublinhou este mesmo aspeto da situação retórica ao afirmar,

O argumentador que não saiba defendê-los [aos argumentos]... perdem logo a sua importância e o seu valor. Eu acho que a capacidade de argumentar é muito importante, nos argumentos. Acho mesmo que é fundamental (GF2_Fa_99).

Nesta perspetiva também se enquadram as posições de outros docentes como Hélder e Tânia. O primeiro referiu-se à “segurança” que um orador deve manifestar quando apresenta os seus argumentos e Tânia acabou por referir duas dimensões que se relacionam com a capacidade de persuasão do orador: uma com a finalidade de convencer o auditório e outra com o objetivo de o manipular para fazer vencer a sua posição. Em relação ao primeiro, Tânia afirmou que “se a argumentação for convincente, quero dizer com evidências, não é difícil provar, o que se pretende” (RE_Ta). Já em relação à possibilidade de manipulação de um auditório, referiu que um “bom argumentador”, isto é que tenha desenvolvido competências de comunicação, pode ser um manipulador de informação. Telma associou esta última situação à falta de conhecimentos do auditório, pois segundo ela, “Quando do outro lado de lá está muita ignorância, é fácil persuadir, não é?” (GF2_Te_325).

Considerar que a persuasão tem, essencialmente, um objetivo manipulador *versus* o de convencer um auditório, pode ser explicativo da diversidade de respostas obtidas no questionário acerca da afirmação 41 – “A persuasão é fundamental no processo de argumentação científica (Figura 13).

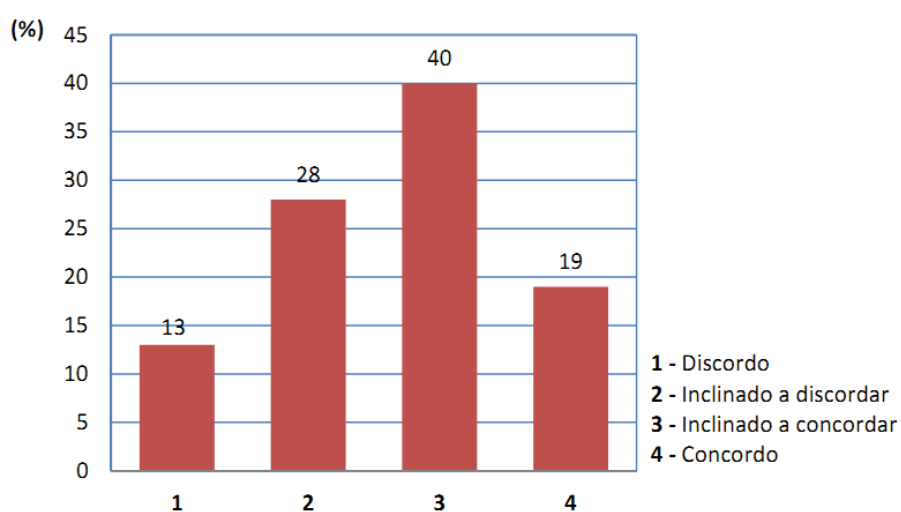


Figura 13 – Frequências relativas das respostas ao item 41. do questionário.

Como podemos perceber da leitura do gráfico, apesar da maioria dos inquiridos ter concordado com a informação, 41% (82) de respondentes inclinaram-se a contestar ou a negar o papel da persuasão na comunicação argumentativa. Atendendo à discussão anterior, consideramos que tal se possa dever a uma associação entre persuasão e manipulação, o que pode ter levado uma percentagem tão relevante de professores a menosprezar a persuasão nos processos argumentativos.

No entanto, como frisa Osborne (2001), argumentação, retórica e persuasão andam de mãos dadas, pelo que será relevante que os professores tomem consciência destes processos no âmbito da racionalidade argumentativa e da construção da própria ciência. Efetivamente, para que se possa persuadir, ou seja, convencer alguém, acerca da força de um determinado argumento, é conveniente que se considerem as diferentes perspetivas em torno de um assunto, favorecendo-se uma abordagem dialógica da argumentação, enriquecendo, desta forma, o conhecimento gerado. Apesar disso, muitos professores de ciências têm dificuldade “em aceitar que o seu projeto retórico é persuadir os alunos para a validade da visão científica do mundo” (Osborne, 2012, p. 939).

Apesar da maioria dos participantes do grupo focal ter enaltecido o *ethos* do orador na comunicação argumentativa, Ilda preferiu ressaltar a importância do *logos*, ou seja, dos argumentos. Para esta professora, “*por muito bom comunicador que alguém seja, se o seu argumento não for forte... pode sempre ser desmontado*” (GF2_II_87). Para tal, segundo Ilda, o auditório deve exercer um papel crítico em relação ao discurso do orador, para que todo o processo de argumentação se torne mais credível.

Em síntese...

(1) A maioria dos professores salientou a dimensão social e interativa da argumentação, defendendo que a natureza polémica de enunciados científicos contribui para espoliar a discussão em torno de posições divergentes ou de hipóteses alternativas, o que favorece a dialogicidade do discurso. Contudo, outros atribuem à argumentação uma conotação mais individual, onde se dá relevância ao produto da ciência e em que o discurso do argumentador se aproxima da explicação científica (Berland, & McNeill, 2012) de um fenómeno, recorrendo, eventualmente, ao uso de provas para justificar enunciados científicos. Neste caso, há uma valorização da dimensão cognitiva e estrutural da argumentação, cuja função é explicativa ou informativa. Parece-nos, contudo, que as perspetivas que os professores possuem sobre o conceito não se constituem como

mutuamente exclusivas. Apesar de existir uma maior tendência em manifestar uma delas, os sujeitos não ignoram a outra;

(2) A argumentação coloquial distingue-se da argumentação científica atendendo à natureza empírica dos dados usados no argumento científico. Os docentes omitiram as diferenças quanto aos contextos de produção dos argumentos e à diferente natureza das estruturas conceptuais mobilizadas naqueles processos;

(3) A credibilidade do argumentador está relacionada com a sua capacidade de comunicação e com os conhecimentos que possui sobre o assunto argumentativo. Os professores valorizaram, na sua maioria, o papel da persuasão na argumentação. Contudo, a persuasão deve ser considerada enquanto processo de convencimento do auditório, sendo de rejeitar o seu possível papel manipulativo da informação.

B – Dados e provas / evidências científicas

Constatámos, anteriormente, que os professores do grupo focal valorizaram o recurso a dados, provas ou evidências para a sustentação de um argumento. Consideraram que sem dados científicos, o argumento é mais pobre e vulnerável a críticas de terceiros. Interessou-nos, portanto, compreender que noções possuíam os professores relativamente a dados científicos e provas ou evidências científicas.

Na segunda sessão de grupo focal em que estes conceitos foram alvo de discussão, os professores utilizaram com grande frequência os termos ‘prova’ (26%) e ‘evidência’ (54%), em detrimento do termo ‘dados’ (19%). Uma possível explicação para tal pode encontrar-se no facto de as questões que formulámos conterem, fundamentalmente, os dois primeiros daqueles termos. Apercebemo-nos, no entanto, que os participantes do grupo focal revelaram noções pouco claras sobre esses conceitos.

Da análise dos resultados obtidos, verificámos que um conjunto de professores considerou que ‘evidência’ e ‘prova’ não designavam o mesmo referente, enquanto outros, apesar de afirmarem o oposto, não distinguiram esses conceitos, de forma clara e inequívoca, de ‘dados científicos’.

Vamos, em seguida, procurar sustentar as nossas afirmações com a apresentação de diferentes situações. A primeira delas resulta de uma tentativa de exemplificação dos diferentes conceitos, utilizando para tal o contexto da hipótese da deriva dos continentes e da teoria da tectónica de placas. Em determinado momento e após termos introduzido a questão “*O que é, para vocês, ‘evidência / prova científica’?*”, Hélder afirmou:

Se calhar uma evidência, se formos por esse ponto de vista [da deriva continental], a forma dos continentes poderá ser uma evidência que... que há movimentação das placas. Uma prova é o conjunto dessas evidências todas, que conduzirá à prova que há mesmo movimentação das placas (GF2_He_358).

Apesar de não haver uma assunção (1) de que a forma dos continentes é um dado observacional que se pode constituir como uma evidência que permite apoiar a hipótese da deriva continental e (2) da separação total entre os conceitos de ‘prova’ e ‘evidência’, Hélder acabou por referir que a prova se pode constituir no “*conjunto dessas evidências todas*”, ainda que, logo em seguida, tenha afirmado “*Eu não sei se [evidências e provas] são coisas diferentes*” (GF2_He_360) ou, ainda, “*Mas a... a evidência não deixa de ser uma... uma coisa, isto é, uma prova, não é?*” (GF2_He_362). Portanto, podemos afirmar que para Hélder evidência e prova, se podem considerar sinónimos, ainda que com algumas variantes. No seguimento destas intervenções de Hélder, surgiram outras que procuraram discutir os mesmos conceitos.

374 Ilda (Il) – Por exemplo, a... a tectónica de placas ...assenta na... naquela mobilidade, não é, que a partir dos riftes se afastam as placas, não é? Se nós, ao datarmos a... as rochas nos fundos do oceano...

375 Fátima (Fa) - ...No fundo dos oceanos, tivemos a prova.

376 Il- ...para lá dos, dos riftes, a evidência é... é a idade, não é? A sua datação... radiométrica. A prova, é que comprova a teoria de que se dizia que haviam de crescer a partir dos riftes... é mais ou menos assim, não é?

377 Fa – É a ideia, sim, é a ideia.

378 Telma (Te) – Portanto, aquela evidência é uma prova...

379 Il – É uma prova, exatamente. (*risos gerais*)

[...]

385 Emílio (Em) – Aquilo que eu estava a pensar é, porque é que a idade não é... a idade das rochas não é uma evidência...?

386 Il – É uma evidência.

387 Te – É uma evidência.

388 Fa – Também é uma evidência.

389 Te – Mas é uma prova. Mas é uma prova, evidência igual a prova. Provas são em função...(*falas sobrepostas*)

390 Em - Continuo a não conseguir distinguir o que é uma prova do que é uma evidência.

Nestes excertos podemos reconhecer que existe uma ambivalência de conceções. Por um lado, Ilda começou por procurar estabelecer diferenças entre prova e evidência. Para esta professora, os dados obtidos através de processos de datação radiométrica constituem-se como uma evidência sobre o aumento de idade dos fundos oceânicos, a partir de um rifte, ou seja, é uma evidência que permite construir o modelo de expansão dos fundos oceânicos. Atendendo a que a sua exposição de ideias foi pouco clara para os restantes participantes, Telma apressou-se a procurar compreender se Ilda considerava que evidência e prova eram sinónimos, afirmando “*Portanto, aquela evidência é uma*

prova". Posteriormente, também Emílio procurou esclarecer os conceitos abordados, questionando por que é que a idade das rochas não é uma evidência, obtendo a concordância de Ilda em que se trata de uma evidência. Para colmatar, Telma acabou por concluir que "*evidência igual a prova*".

No entanto, apesar da conclusão de Telma, Ilda continuou a não conceptualizar, de forma clara, as diferenças entre dados e evidências/provas, como se pode perceber a partir de um outro excerto posterior, da mesma sessão de grupo focal:

- 409 Ilda (Il) – Não. Nós podemos procurar evidências e não encontrar provas.
410 Fátima (Fa) – Pois, há aqui uma nuance.
411 Emílio (Em) – Não consigo perceber. Dê-me um exemplo (*sorrisos*).
412 Il – Posso mostrar aquele exemplo, a pessoa podia partir do princípio... o rifte era a zona por onde saíria o material.
413 Fa – Se formava crosta, não é?
414 Il – Se formava crosta. Uma ideia de provar isso era datar... essas, essa...
415 Fa – Essa crosta.
416 Il – As evidências são as datações, não é? E essas datações podem ou não ... funcionar como prova e... imagine que não havia...
417 Telma - Que era tudo a mesma coisa.
418 Il – ...que tinham todas a mesma idade, então, não funcionava como prova.
419 Em – Aí, já deixa de ser evidência.
[...]
424 Em – Os dados que recolho, não é? É que constituem a prova?
[...]
426 Em – Porque os dados que eu recolho, são as datas, as datas das rochas. São os dados que eu recolho em relação àquele estudo. Se eu quero, se eu quero saber se, a partir do rifte, há, ou não há, formação de nova crosta, os dados que eu vou recolher é a idade das rochas desde o rifte até...

Nestas intervenções, podemos verificar, uma vez mais, que há confusão no uso dos termos dados, evidências e provas. Parece-nos que para Ilda, a recolha de informação através do uso de métodos radiométricos se constitui como evidência da expansão dos fundos oceânicos, por atividade magmática, ao nível dos riftes. No entanto, a datação obtida através desses métodos são dados que podem ser usados para sustentar, ou refutar, hipóteses, tornando-se dessa forma provas de apoio (ou não) para sustentar determinadas teorias. Ilda, baseada num raciocínio dedutivo, referiu que se devem procurar evidências que apoiem, ou seja, sirvam como provas do modelo de expansão dos fundos oceânicos e levou Emílio a estabelecer a diferença entre os conceitos de 'dado' e 'prova' ao afirmar "[*imagine*] *que [as rochas] tinham todas a mesma idade, então, não funcionava como prova*". Desta forma, Emílio acabou por concluir que "*Aí, já deixa de ser evidência*". Mais tarde, este professor estabeleceu que a idade das rochas corresponde aos 'dados' que têm de ser recolhidos para saber se a partir de um rifte há, ou não,

formação de nova crosta, parecendo atribuir uma maior abrangência a este termo do que a ‘evidências’.

Da discussão apresentada, parece-nos ressaltar que para Ilda o conceito de evidência se relaciona com a construção da teoria, ou seja, é um conceito envolvido em operações epistêmicas indutivas, enquanto se deve falar de prova quando se trata de comprovar a adequação de uma determinada teoria à realidade, pelo que é um termo relacionado com operações dedutivas. Parece existir, segundo a mesma professora, uma certa linearidade em todo este processo, em que partindo de processos indutivos para se generalizar e construir teoria, através de evidências, se passa a outros, dedutivos, onde a teoria deve ser verificada recorrendo a provas científicas.

Esta reflexão sobre o papel das evidências ou provas na construção dos argumentos esteve também patente nos comentários de Telma e de Alcina. A primeira referiu que

Aliás, aliás acho que há... é o ir e o vir, não é? As teorias, muitas, as teorias não surgem, muitas vezes, de evidências ou, pelo menos, não diretamente. Depois vai-se à procura de evidências para suportar as teorias e eventualmente novas questões se levantam e, portanto, no fundo andamos... ou aquelas evidências, no fundo... depois nós conseguimos relacioná-las com a... (GF2_Te_923).

Já Alcina, em dado momento da discussão, afirmou que *“E quando se começa pela teoria abstrata, tem que se ir à procura das suas evidências”* (GF2_Al_929). Consideramos, desta forma, que estes e outros comentários anteriores, por um lado, valorizam o papel das evidências em ciência e, por outro, procuram enquadrá-las nos processos indutivos e dedutivos de investigação.

Posteriormente, na quarta sessão de grupo focal, surgiu, uma outra perspectiva sobre o conceito de evidência relacionada com a interpretação de resultados. Segundo Emílio, *“a evidência resulta da interpretação dos dados”* (GF4_Em_842), o que levantou dúvidas a Telma, que reagiu, com algum espanto, à afirmação do colega. Isto levou-nos a questionar, de novo, sobre o que entendiam os participantes do grupo focal sobre o conceito de ‘evidência’. Após uma referência de Telma e Alcina de que a evidência está dependente do constructo teórico, surgiu o seguinte diálogo,

893 Investigador (I) - O que é que é ‘evidência’?

894 Tânia (Ta) – O resultado.

895 Alcina (Al)– O resultado, uma prova.

896 I – O resultado, uma prova...

- 897 Ilda – Eu... eu estava aqui... evidências implica relacionar a observação com o ponto de partida, quer dizer... não é? Uma evidência é, no fundo, adaptar qualquer coisa que se está a ver ou a testar àquilo que era o problema inicial, não é?
- 898 Al – Não, eu acho que isso já é o tratamento. Eu acho que a evidência é a prova, é o resultado. (GF4)

Uma vez mais, surge neste excerto, nas vozes de Alcina e de Tânia, a associação entre dados (os resultados) e evidência, como se fossem a mesma instância, em termos epistemológicos. No entanto, Ilda, talvez fruto de um processo de reflexão posterior à discussão da segunda sessão de grupo focal, parece ter reformulado as suas conceções e estabeleceu aqui uma relação que se aproxima da apresentada por Cavagnetto e Hand (2012). De acordo com estes autores, as evidências são fruto de um processo racional sobre os dados obtidos e implicam “decisões críticas que têm de ser tomadas como o que manter, o que rejeitar e quão bem os dados estão conectados” (p. 46). No fundo, parece-nos que é esta relevância que Ilda considerou ao afirmar, ainda que de forma não aprofundada, que *“evidências implica relacionar a observação com o ponto de partida”*, salientando a vertente racional sobre os dados, que conduz a uma possível noção de evidência científica. Simultaneamente, Alcina pretendeu separar a interpretação de resultados do conceito de evidência, pois para esta professora, há uma coincidência entre dados e evidências/provas.

Os resultados apresentados vão na mesma linha de diversos estudos realizados na última década como os de Taylor e Dana (2003), Roberts e Gott (2007) ou Taylor (2009) que têm revelado que quer professores, quer alunos, possuem conceções confusas, simplistas ou, até, ingénuas do conceito de evidência científica.

Em síntese...

(1) Os professores apresentaram noções confusas em relação aos conceitos de ‘dados’ e ‘evidências/provas’. Estes conceitos, apesar de não serem consensuais na comunidade científica, têm vindo a ser explorados em estudos recentes cujas conclusões apontam, também, para que se trata de conceitos nem sempre claros;

(2) Alguns docentes consideraram o uso de qualquer dos termos como sinónimos, enquanto outros procuraram estabelecer algumas diferenças pouco claras. Uma das docentes diferenciou os termos ‘evidência’ e ‘prova’ preferindo o primeiro deles, quando um determinado dado científico contribui para construir um modelo teórico (perspetiva indutiva da ciência), sendo o segundo utilizado para os dados científicos que permitem atestar a validade científica de teorias já consolidadas (perspetiva dedutiva da ciência).

A propósito das perspetivas dos professores sobre o conceito de argumentação científica, já, anteriormente, referimos que alguns participantes do grupo focal colocaram em causa a legitimidade da argumentação em torno de assuntos de natureza sociocientífica. As razões para tal relacionam-se com o considerarem que nesse tipo de argumentação se recorre a justificações fundamentadas em opiniões, com características subjetivas, por envolverem, nomeadamente, valores pessoais.

Foi nesta sequência que colocámos a seguinte questão aos professores: em que difere uma opinião de um argumento? Após Hélder ter defendido que uma opinião com sustentação ou suporte científico *“já começa a ser um argumento”* (GF2_He_4), Emílio questionou se *“pode haver opinião que não seja um argumento”* (GF2_Em_12). Com esta questão retórica, o professor parece ter pretendido defender que todas as opiniões devem ser fundamentadas. Procurando lançar novas perspetivas sobre a distinção entre opinião e argumento, Fátima apresentou um exemplo com que pretendeu esclarecer a sua posição,

Uma opinião que seja para classificar alguma coisa ou para dar uma sensação sobre alguma coisa, acho que não pode funcionar como argumento... porque não está sustentada em dados, em factos. (...) Subjetivo. Tudo o que seja subjetivo, tudo o que varie de mim para o outro, penso que não pode ser um bom argumento ou pelo menos não é um argumento válido em ciência, não é? Se varia... de sujeito... (GF2_Fa_15).

Pouco depois, a mesma professora acabou por referir que *“Eu posso ter a minha opinião, baseada numa sensação, em pintura. Não posso ter, acho que não devo ter em ciência, não é?”* (GF2_Fa_39). Fátima parece ter vinculado, por um lado, a noção de argumento a algo que apresente um carácter científico e, por outro, ter pretendido atribuir aos argumentos características de objetividade. Conferiu, também, ao conhecimento científico, esse cunho de objetividade, que lhe é imputado ao mobilizar fundamentos baseados em dados e em factos. Esta questão da objetividade dos argumentos em ciência foi também corroborada por Ilda que afirmou a dado momento, *“Sob o ponto de vista científico, acho que sim, concordo, tem que ser objetivo, tem que se basear em dados... pelo menos já validados”* (GF2_Il_40), após ter afirmado que *“O argumento, quando nós falamos em argumento, traz implícito logo à ideia que é qualquer coisa de científico, não é?”* (GF2_Il_27). Estas noções distintivas entre opinião e argumento encontram suporte na literatura que aborda este assunto. Alguns autores (Jiménez-Aleixandre, & Erduran, 2008) e relatórios internacionais do PISA (OECD, 2009),

estabelecem diferenças entre opiniões e argumentos científicos assumindo que os segundos têm uma fundamentação em evidências, empíricas ou teóricas, enquanto as opiniões carecem desse tipo de sustentação. Tal como refere Oliveira (2007), “*Os argumentos são tentativas de fundamentação de opiniões de maneira razoável*” (p. 269).

Defendendo que os argumentos devem ser sustentados em dados e factos, parece-nos coerente que esse seja um dos critérios que os professores tenham em consideração na avaliação da qualidade de um argumento. Um dos itens presentes no questionário pretendeu, precisamente, confrontar os inquiridos com a avaliação da qualidade dos argumentos. O item 49 solicitava aos professores para se posicionarem em relação à afirmação “Tenho dificuldades em distinguir um ‘bom argumento’ de um ‘mau argumento’”. Os resultados revelam-nos que 41,9% (85) dos inquiridos consideraram estar inclinados a discordar e 44,3% (90) chegaram mesmo a discordar da afirmação (Figura 14). Assim, uma larga maioria dos respondentes a este item, correspondente a mais de 86%, considerou que consegue avaliar a qualidade de um argumento. Apenas 13,8% (28) dos respondentes assumiram ter alguma dificuldade na distinção entre argumentos de ‘boa’ e de ‘má’ qualidade.

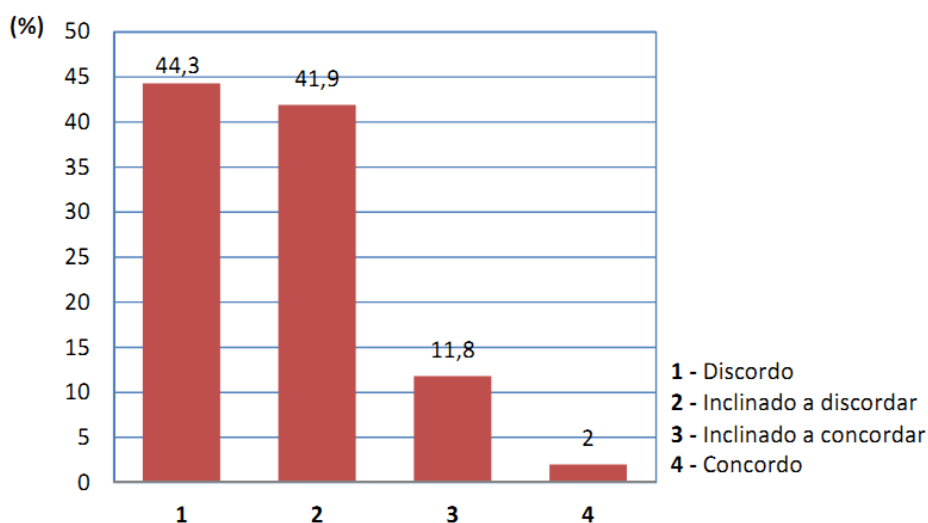


Figura 14 - Frequências relativas das respostas ao item 49. do questionário.

A fim de procurarmos compreender o que os professores do grupo focal tinham a considerar sobre este assunto, foi-lhes proposta uma atividade que consistiu em responder a três questões: (1) Que características deve ter um argumento para que o possa qualificar de ‘bom’?; (2) O que acha que os professores consideram como um ‘bom’ ou ‘mau’ argumento? e (3) A análise de um argumento deve obedecer a que princípios?

(Apêndice VIII). As respostas foram elaboradas, inicialmente, por escrito e, em seguida, discutidas no grupo focal.

Apresentam-se na Tabela 14, as principais características de um ‘bom’ argumento, segundo os professores do grupo focal, discriminadas em categorias, com a respetiva frequência absoluta¹, e com exemplos de resposta obtidos a partir dos registos escritos relativos às questões (1) e (2).

Tabela 14
Principais características de um ‘bom’ argumento

Características de um ‘bom’ argumento	Exemplo de resposta	Nº de participantes que mencionaram a característica
Fundamentação em dados e/ou em teorias cientificamente válidas	Deve estar bem sustentado num conjunto de dados de modo a constituir uma explicação válida (DP1_Em)	6
Resistência à contra-argumentação	Resistir ou mesmo anular a contra-argumentação (DP1_Te)	4
Coerência lógica	Relacionar teorias, dados, conclusões (DP1_AI)	2
Perspetiva crítica	Saber diferenciar e confrontar as suas ideias e opiniões com as dos outros (DP1_AI)	2
Adequada utilização de informação	Utilização adequada de conceitos e dados (DP1_II)	1
Ponderado	Realçar as limitações de teorias que se opõem às que lhe servem de base (DP1_Te)	1

Conforme se pode verificar, através da leitura da Tabela 14, a referência à sustentação dos argumentos em dados/evidências ou, ainda, em teorias cientificamente válidas, foi mencionada por todos os professores. Assim, Telma registou “Um bom argumento deve fundamentar-se em evidências e/ou teorias cientificamente válidas” (DP1_Te) e Emílio escreveu, “Deve estar bem sustentado num conjunto de dados de modo a constituir uma explicação válida” (DP1_Em). Podemos, desta forma, afirmar que os professores salientaram a necessidade de um ‘bom’ argumento contemplar a referência a dados ou a teorias científicas que sirvam de garantia à validade dos enunciados científicos. Estes resultados vão ao encontro de outros estudos internacionais que têm sido

¹ Para efeitos da determinação da frequência absoluta, apenas se contabilizaram as respostas escritas de seis docentes, pois uma das participantes teve de se ausentar da sessão antes do final da mesma, pelo que não participou nesta atividade. Porém, todos os sete professores estiveram presentes, na sessão seguinte, em que foi discutido, oralmente, este assunto.

desenvolvidos com finalidades semelhantes (Abi-El-Mona, & Abd-El-Khalick, 2011; Sampson, 2009), nos quais os docentes também salientaram a relevância dos dados na construção de um argumento.

A resistência à contra-argumentação foi a segunda característica mais focada, tendo sido mencionada por Hélder, Emílio, Ilda e Telma. Enquanto Hélder preferiu afirmar que um ‘bom’ argumento é aquele “que não se consiga contrapor” (DP1_He), Ilda mencionou “Não ser fácil de contra-argumentar” (DP1_Il) e Telma escreveu que um ‘bom’ argumento deve “resistir ou mesmo anular a contra-argumentação” (DP1_Te). Em todas estas respostas, consideramos que a perspetiva presente é a de que um ‘bom’ argumento deve ser aquele que devido ao grau de certeza da conclusão ou enunciado, impossibilita a emergência de contra-argumentos que o possam colocar em causa ou comprometer a sua veracidade. Nas palavras de Telma, durante a discussão deste assunto, *“a outra parte ficar completamente sem... sem resposta”* (GF2_Te_64).

Na categoria coerência lógica foram enquadradas duas respostas: uma de Alcina e outra de Ilda. A primeira destas docentes refere-se à necessidade de num ‘bom’ argumento existir uma relação coerente entre as teorias, os dados e as conclusões. Já Ilda prefere salientar que na construção de qualquer ‘bom’ argumento deve estar envolvida a lógica e criatividade.

A perspetiva crítica, apontada por Alcina e Telma, refere-se à necessidade de na formulação de um ‘bom’ argumento se considerarem aspetos limitativos das teorias ou perspetivas alternativas de análise, que podem ser lançadas como contra-argumentação. Assim, Telma referiu que nele se devem “realçar as limitações de teorias que se opõem às que lhe servem de base” (DP1_Te), pretendendo destacar que é através dessa perspetiva crítica que se podem salientar os aspetos mais relevantes de um ‘bom’ argumento. Esta ideia de Telma contempla, simultaneamente, a necessidade de se terem em conta posicionamentos alternativos sobre o assunto a abordar, pelo que foi, também enquadrada na categoria ‘ponderado’, por se ter considerado que não se deve apresentar uma visão única do assunto em discussão. Por fim, Ilda frisou, ainda, a necessidade de uma utilização adequada da informação – dados ou conceitos – na construção de um ‘bom’ argumento.

Como princípios a que deve obedecer a análise de um argumento, os docentes referiram (i) a imparcialidade, (ii) o rigor científico através da utilização de dados científicos válidos e fiáveis, (iii) a lógica e coerência dos argumentos, (iv) a clareza de

ideias, (v) a identificação das teorias ou modelos e dados em que se baseia a sua fundamentação e (vi) a forma como estão encadeadas as ideias patentes no argumento. Encontramos, nesta listagem, vários critérios mencionados na identificação das características de um ‘bom’ argumento, o que nos parece coerente, atendendo a que em ambas as situações se pretendeu elencar características ou parâmetros de avaliação da qualidade de um argumento.

Os resultados aqui relatados revelam semelhanças com os de outros estudos que se têm debruçado sobre critérios que permitem avaliar a qualidade de um argumento, como os de Sampson e Clark (2006a), Sampson (2009) ou de Abi-El-Mona e Abd-El-Khalick (2011). As características elencadas pelos professores do grupo focal caem, maioritariamente, no domínio dos critérios epistémicos considerados relevantes em ciência (Sampson, & Clark, 2006a). De entre eles, mencionamos: (1) a sustentação dos argumentos com recurso a evidências ou a fundamentos teóricos, (2) a coerência entre conclusões, dados e teoria, (3) a ponderação e (4) a mobilização do raciocínio lógico. Já no domínio conceptual, podemos citar a menção à necessidade de conhecimentos científicos na formulação dos argumentos que, no caso do presente estudo, foi consignada à utilização adequada de conceitos, resultado comum com o estudo realizado por Sampson (2009). Em relação ao estudo de Abi-El-Mona e Abd-El-Khalick (2011), podemos referir como resultado coincidente a alusão à necessidade de os ‘bons’ argumentos apresentarem coerência lógica e serem ponderados, ainda que no caso daquele estudo, a primeira daquelas características tenha sido mencionada apenas por cientistas, enquanto no presente estudo o foi por duas professoras.

Em termos de identificação de diferenças, podemos referir que, ao contrário dos professores do grupo focal, nos estudos internacionais referidos surgem outros critérios epistémicos como (i) a objetividade ou a compreensibilidade dos argumentos pelo auditório (Abi-El-Mona, & Abd-El-Khalick, 2011), (ii) a natureza das evidências utilizadas e (iii) a qualidade e relevância dos enunciados científicos (Simon, 2008). No entanto, nessas investigações não existe a referência explícita de que um ‘bom’ argumento deve ser resistente à contra-argumentação, tal como foi expresso pelos participantes do grupo focal.

Foi com a finalidade de apresentar aos professores do grupo focal uma outra conceptualização sobre a análise de um argumento que lhes apresentámos o padrão argumentativo de Toulmin (2006) – PAT, utilizando um exemplo concreto no contexto

científico (Apêndice IX). O exemplo que selecionámos contemplava os elementos que compõem o modelo estrutural de um argumento – conclusão, dados, garantia, fundamento, qualificador modal e condições de refutação – e as respetivas definições, segundo Toulmin (2006).

Após a apresentação do PAT, seguida de vários esclarecimentos sobre o significado de cada um dos diferentes elementos, solicitámos aos professores que tentassem construir argumentos que incluíssem os diferentes componentes estruturais do modelo. Hélder propôs um exemplo em torno do enunciado “A rocha X é um granito (rocha plutónica)”²:

86 Hélder (He) – Eu não sei se fiz um... fiz um simples com base neste, de observação das rochas, por exemplo, observação de um granito, saber se... se a rocha observada é um granito, que é uma rocha plutónica, agora não sei se aqui será... por exemplo, se eu pusesse: o granito é uma rocha magmática plutónica; ou os dados: apresenta textura fanerítica ou textura... textura granular... a garantia é que se observam, observam os minerais. Será uma garantia?

87 Investigador – O desenvolvimento dos minerais...

88 He – Ou o desenvolvimento dos minerais... O fundamento é que depois andei aqui um bocado... porque eu depois fiz, fiz dois: o granito resulta, portanto, do arrefecimento lento, logo há um desenvolvimento dos minerais; agora a refutação: poderá ser um granito ou não ser um granito, ser um diorito, ou por aí fora.

[...]

94 He – Acho que esta é relativamente simples. Agora, a refutação, eu fiquei um bocadinho nessa dúvida. (GF3_He)

Através destes excertos, percebemos que Hélder tentou construir um argumento, de acordo com o PAT, procurando incluir dados, garantia, fundamento e condições de refutação, para além do enunciado de que partiu, que se constituiu como conclusão. A partir da intervenção do professor, elaborámos um possível esquema do argumento proposto (Figura 15).

A análise do discurso de Hélder e do esquema da Figura 15, permite-nos considerar que:

(1) a afirmação que fez corresponder a dados está orientada teoricamente. Efetivamente, Hélder definiu a textura como granular ou fanerítica pois através da observação macroscópica da rocha X, pôde (supostamente) avaliar o grau de desenvolvimento dos cristais e que os minerais são distinguíveis, sendo, portanto, uma

² Os enunciados que serviram de base à construção do argumento proposto por Hélder e por Alcina (outro exemplo que se discute adiante) constavam de uma tarefa sugerida aos participantes do grupo focal cuja análise se enquadrava na subcategoria “4.1.1.2 No contexto escolar”.

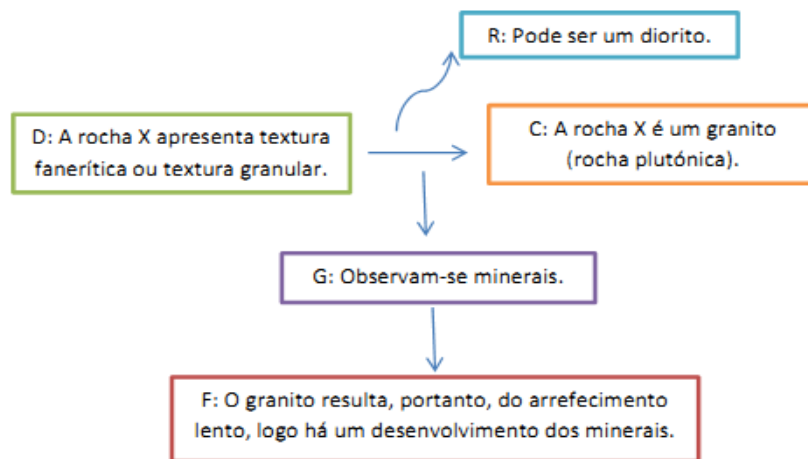


Figura 15 - Argumento desenvolvido por Hélder, esquematizado segundo o PAT

interpretação dos dados empíricos supostamente recolhidos. Ainda assim, a identificação da textura, enquanto ‘dado’ único, é manifestamente insuficiente para concluir que se trata de um granito, atendendo a que a classificação das rochas é dependente da sua textura, mas, também, da sua composição mineralógica e química, estando as informações sobre estes dados ausentes das afirmações do professor;

(2) a simples observação dos minerais permite, ainda que de forma pouco rigorosa, indiciar sobre o ambiente de cristalização da rocha, atendendo ao “desenvolvimento dos minerais”, como foi por nós acrescentado durante a intervenção de Hélder, para além de consistir, esta sim, uma evidência empírica resultante do exame macroscópico de uma amostra de rocha. A garantia deveria referir, por exemplo, que a dimensão, forma e arranjo dos cristais e a composição mineralógica e química de uma amostra, determinam a classificação da rocha. Desta forma, a relação D-C seria estabelecida com mais força ou segurança;

(3) o fundamento, tal como foi verbalizado, pode constituir-se como um novo argumento (D logo C). Assim, a sua formulação deveria ser retificada e a afirmação deveria conter informação relativa à composição, química e mineralógica, de um granito;

(4) a refutação, tal como foi apresentada, não constitui qualquer exceção à conclusão, nem está direcionada às evidências, garantia ou fundamento, pelo que não podemos considerá-la enquanto tal. O diorito é, também, uma rocha intrusiva, apresentando uma textura granular, mas com uma composição mineralógica e química distinta do granito. Como não estão presentes no esquema referências a estes parâmetros, em relação ao caso do granito, não se incluíram referências à composição mineralógica e química, distintas das do granito, como condições de refutação;

(5) o qualificador modal não está explícito. Da análise deste caso, parece-nos que Hélder revelou dificuldades na distinção entre dados e garantia, denotando-se, ainda, outras na conceptualização das condições de refutação. Sublinha-se, ainda, a ausência de qualificador.

Alguns destes resultados são coincidentes com os de Alcina. Esta professora pretendeu construir um argumento em relação ao enunciado “Os seres vivos são formados por células”. Em seguida, encontra-se um extrato das interações que incluem a explicitação das ideias de Alcina:

- 38 Alcina (Al) - Eu fui buscar esta dos seres vivos que são formados por células, portanto, aqui o fundamento é a teoria celular. Agora, a garantia, não sei se é isto que eu pus.
 39 Investigador (I) – O que é que puseste como garantia?
 40 Al – Garantia: “as células são constituídas por material nuclear/núcleo e citoplasma envolvidas por uma membrana.” Isto pode ser refutado com um vírus.
 41 I – E qual é a relação que estás a estabelecer? Porque isto... porque é assim, porque a garantia é o que tem que suportar a relação entre os dados e a conclusão, não é?
 42 Al – A observação microscópica de seres unicelulares e tecidos de seres multicelulares.
 43 I – Estás a querer, estás a querer pegar na segunda afirmação, é?
 44 Al – Sim.
 45 I - Em que os seres vivos são formados por células, certo?
 46 Al – (*Barulho de avião – Inaudível*) ...pode ser por observação microscópica de seres unicelulares e de tecidos de seres multicelulares, pode ser?
 47 I – Como garantia?
 48 Al - Como dados, como dados.
 49 I – Como dados? Repete lá.
 50 Al– A observação microscópica de seres unicelulares e tecidos de seres multicelulares. (GF3)

Apresentamos, na Figura 16, uma proposta esquemática, do argumento de Alcina, sob a forma do PAT.

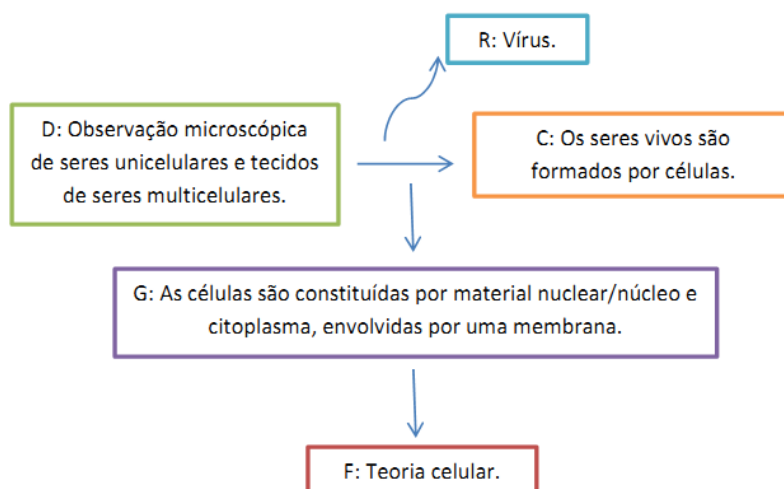


Figura 16 - Argumento desenvolvido por Alcina, esquematizado segundo o PAT

Neste caso, a professora avançou com evidências empíricas para sustentar a conclusão. Este argumento, de natureza diferente do proposto por Hélder, por se basear num raciocínio de tipo indutivo, apresenta uma garantia que se constitui como uma definição básica de célula e que se imiscui, circularmente, no próprio fundamento apresentado. Este é apontado como sendo a própria teoria, sem explicitar o respetivo enunciado que poderia ser do tipo “as células são as unidades básicas de vida”, um dos principais pilares da teoria celular. No entanto, parece-nos que a maior crítica em termos da construção deste argumento se prende com o conteúdo da refutação. Os vírus não são seres vivos, apesar de apresentarem genoma constituído por moléculas de ácidos nucleicos (DNA ou RNA) e serem revestidos por invólucro proteico e, em alguns casos, apresentarem, tal como as células, um revestimento formado por bicamada fosfolipídica. Um dos critérios que os leva a serem classificados como acelulares é o necessitarem de infetar uma célula para se reproduzirem. No entanto, não é este o critério que está em causa no argumento desenvolvido por Alcina, pelo que não pode ser utilizado como condição de refutação pois não se edifica nem como restrição, nem exceção à conclusão apresentada. Uma condição de refutação deveria incluir, de acordo com a garantia avançada pela professora, “a menos que seja observado algum ser vivo que não seja constituído por células, ou seja, material nuclear, citoplasma e membrana”, o que colocaria em causa a universalidade da própria teoria celular. Esta mesma contradição foi reconhecida, posteriormente, por Alcina, depois de comentada por outros professores, como se pode constatar, seguidamente:

64 Alcina (Al) – Na refutação, na minha... a refutação: “se viesse um vírus...”

66 Emílio (Em) – Mas o vírus precisaria de refutação?

67 Investigador – Pois...

68 Em – A observação do vírus... Nunca teria aspeto semelhante àquilo que é o das células, não é?

69 Fátima (Fa) – Não, há quem considere que os vírus não são células.

70 Al – Não, não é. Pois, não é.

71 Fa – Há uma fronteira. Bom, isto está, realmente...! (*sorrisos. Falas sobrepostas*) (GF3)

Da análise do argumento anterior, podemos perceber que Alcina revelou uma operacionalização de alguns elementos do PAT, de forma aproximada à conceptualizada por Toulmin (2006). Contudo, identificam-se dificuldades na elaboração das condições de refutação. Uma possível explicação para tal pode estar relacionada com a possibilidade de a professora ter identificado a conclusão enquanto enunciado da teoria celular. Tratando-se, no entanto, de um enunciado universal, do tipo “Todo o X é Y”, basta encontrar uma

situação particular negativa do tipo “Algum X não é Y”, para que o enunciado seja refutado. Por fim, queremos, ainda ressaltar a ausência do qualificador modal, atendendo a que o argumento proposto se configura com base num raciocínio indutivo. Efetivamente, por mais seres vivos que se observem, tal como o argumento está estruturado, partiremos sempre para a generalização a partir de casos individuais, pelo que a inferência se pode considerar forte, atendendo à improbabilidade da sua falsidade, ainda que tal não seja logicamente impossível (Chalmers, 1994; Vicente, 2004). Seria expectável, portanto, com base no tipo de raciocínio envolvido, que se associasse ao argumento, um qualificador do tipo “presumivelmente”, ainda que consideremos como seguro, o fundamento correspondente a uma das teorias basilares da Biologia, o que contribui para fortalecer a conclusão.

Outros docentes declararam explicitamente as suas dúvidas em relação à distinção entre elementos do PAT:

25 Tânia – A garantia e o fundamento é difícil. Eu peguei aqui nas relações bióticas, na simbiose. Pensava que fazia isto facilmente mas agora cheguei aqui e 'tou... (*longo silêncio*)

26 Investigador – Então, é complexo?

27 Ilda – É, é difícil distinguir a garantia do fundamento.

28 Fátima – É, é, é. (GF3)

Ilda, Tânia e Fátima, assumiram as dificuldades em diferenciar garantia de fundamento, chegando a primeira a afirmar, “*Pois, ‘o fundamento apoia a garantia apelando, por exemplo, a teorias’.* Aliás, aqui [no argumento que construí] *tinha chamado fundamento àquilo que afinal parece ser a garantia*” (GF3_II_34). A manifestação das dificuldades citadas está patente na continuidade do discurso de Ilda, quando esta professora referiu em relação à sua utilização em contexto de sala de aula,

(...) por exemplo, há coisas que, neste momento, não têm refutação, não é? Há... há... há algumas coisas que nós... ou que terão muito pouca refutação... acredita-se, neste momento, pela enorme quantidade de provas já dadas, que a coisa... é de determinada maneira, não é? Por isso, e também tendo em conta que isto é para alunos, não é para teóricos, não é, acho que às tantas... (GF3_II_129).

[...]

Eu acho que é difícil para eles [os alunos] inventarem uma refutação. Se os próprios cientistas, nalgumas áreas, não refutam ou não encontram ainda possibilidade de refutar determinadas teorias que são teorias aceites pela comunidade, acho que este... (GF3_II_131).

Através destes excertos, Ilda parece querer afirmar a impossibilidade de serem encontradas refutações em argumentos cujas garantia e fundamento se alicerçam em teorias já estabelecidas e com ‘provas dadas’, sendo que os próprios cientistas não as

conseguem refutar. Esta perspetiva colide com a defendida por Popper (2003), na qual este epistemólogo defende que qualquer enunciado científico é falsificável, pois, caso contrário, perde o seu carácter científico. Mais do que procurar situações de exceção que podem refutar a relação entre dados-conclusão, suportada por uma dada garantia, Ilda parece associar a própria refutação à possibilidade de se ‘falsificarem’ teorias. Na perspetiva de Popper (2003), a cientificidade de uma teoria está dependente da sua possível refutabilidade lógica, independentemente do seu estatuto de refutada ou não refutada. Ilda toma por científicas as teorias que não foram alvo de refutação, ainda que o possam ser do ponto de vista lógico. Assume, ainda, uma posição verificacionista ou confirmatória da prova, tal como já havíamos referido em relação a uma intervenção desta professora, anteriormente discutida, e que de novo emergiu nesta sua intervenção.

Entre os participantes do grupo focal, outras dúvidas surgiram em relação ao papel do qualificador modal de um argumento. Ilda considerou que nem sempre este elemento é indispensável num argumento, o que permite inferir sobre a coerência das ideias desta professora, tendo em conta o exposto sobre as condições de refutação. Efetivamente, se considerarmos que um enunciado não é passível de refutação, então não há algo que abale as garantias e os fundamentos em que ele foi sustentado, pelo que se torna desnecessário expressar o grau de certeza da conclusão. Outro participante – Emílio – relaciona o uso do qualificador com o tipo de dados que se recolhem, como os relativos a processos de observação – *“Este qualificador terá a ver com... tem a ver com... com o tipo de dados que se obtêm, com o tipo de observação...”* (GF3_Em_110). De acordo com este professor, quando não há a certeza sobre um resultado deve aliar-se o qualificador ‘provavelmente’ à ligação entre dados e conclusão. Consideramos, no entanto, que esta é uma visão limitada do papel do qualificador modal, pois apenas através da análise do tipo de raciocínio inerente à formulação de um argumento, bem como do conteúdo substantivo da garantia e da forma como esta é sustentada a partir do fundamento, se poderá compreender o tipo de qualificador mais apropriado, determinando o grau de certeza da conclusão ou enunciado.

Quando questionados acerca dos elementos do PAT que consideravam mais relevantes na construção de um argumento, os docentes referiram os dados, a conclusão e o fundamento, tendo relegado para um plano inferior quer a presença do qualificador modal, quer das condições de refutação. Além disto, manifestaram insegurança na distinção entre garantia e fundamento.

Contudo, quando se tratou da avaliação da qualidade de um argumento, todos os docentes, com exceção de Ilda, atribuíram, em particular, às condições de refutação um grande relevo, o que parece revelar alguma contradição face ao referido anteriormente. Nas palavras de Alcina,

Para mim, [o argumento de melhor qualidade] é o que apresenta refutação. É isso que eu queria dizer. A refutação, acho que é muito importante. Para nós sabermos até que ponto usar a garantia / fundamento / refutação. Se nós tivermos alguma coisa que possa estar ali a minar... a relação, nós aí, teremos que agir com mais força na garantia/fundamento para ver se conseguimos... (GF3_AI_165)

Ilda atribuiu maior importância à garantia e ao fundamento (particularmente, a este último), do que à presença das condições de refutação, na linha do que foi defendendo ao longo da discussão, tal como se depreende a partir do seguinte excerto:

Sendo que o fundamento não é de... de desprezar porque se tem uma teoria que o suporta... reforça a garantia e se houver refutação não faz mal porque se a garantia e o fundamento estiverem sólidos e adequados aos dados... resistem a... (GF3_II_182).

Um dos pontos de contacto entre o PAT e as características consideradas pelos professores em relação ao que constitui um 'bom' argumento é a existência do fundamento científico com base em evidências e em teorias cientificamente válidas, conforme consta da Tabela 14. Daí que seja natural que os professores tenham alocado aos saberes ou à posse de informação por parte do argumentador, um papel de grande relevância, no processo de construção e/ou de avaliação de um argumento, como já tínhamos frisado. Telma e Fátima deram voz a esta dimensão dos argumentos. A primeira mencionou que se não houver um domínio do assunto, os argumentos podem ser facilmente arrasados por contra-argumentos. Fátima colocou a tónica na dimensão avaliativa dos argumentos. De acordo com esta professora,

...só ...é possível avaliar se um mau argumento está a ser bem defendido ou mal defendido, se nós temos informação porque para o comum dos mortais, às vezes, um mau argumento bem defendido... é lei, porque eles não dispõem da informação e portanto... são capazes de ficar convencidos (GF2_Fa_317).

Fátima associa a falta de informação à possibilidade de persuasão do auditório, no contexto de manipulação de interlocutores e não no contexto de convencimento, ainda que seja este o termo que utilizou. Para esta professora, a posse de conhecimentos ou informações, por parte do interlocutor ou de um auditório, é um fator essencial na argumentação e na avaliação da qualidade dos argumentos. Esta perspetiva é abordada por Andriessen e Schwarz (2009), que referem a impossibilidade de alguém poder

participar em discussões sobre um assunto se não possuir conhecimentos mínimos sobre o mesmo. Estes dados informam sobre a necessidade de avaliar os argumentos tendo em conta a sua estrutura e o conteúdo informativo, de forma a ultrapassar uma das limitações que tem sido apontada ao PAT, por parte de diversos investigadores, que frisam que a avaliação de um argumento é realizada tendo em conta a presença ou ausência dos elementos do PAT, independentemente do conteúdo substantivo que lhes dá corpo.

Diversos resultados apresentados nesta subsecção veem-se apoiados em investigações que têm incidido sobre a problemática da argumentação na educação em ciência. Simon (2008) esclarece que a qualidade da argumentação está dependente da quantidade de elementos do PAT presente nos diálogos, tendo as condições de refutação um papel fundamental para favorecer o processo de justificação, utilizando provas. Outros autores como Erduran, Simon e Osborne (2004) alertam, também, para a importância das condições de refutação como “indicador significativo da qualidade da argumentação (...)” (p. 921), pois através dela os indivíduos são epistemologicamente desafiados (Erduran, 2009), o que não sucede na sua ausência.

Em relação à utilização do PAT na análise estrutural de argumentos, Simon (2008) esclarece que os professores revelam alguma insegurança na distinção entre dados, garantias e fundamentos, e que essas ambiguidades se refletem, também, no uso do PAT como ferramenta de investigação. Abi-El-Mona e Abd-El-Khalick (2011) salientam, no estudo que realizaram com a finalidade de elucidar sobre as percepções de cientistas, professores e alunos acerca do que se entende por ‘argumento científico’, que a maioria dos participantes gerou argumentos constituídos apenas por dados e conclusões. Só certos argumentos possuíam garantias, sendo que as condições de refutação, os fundamentos e os qualificadores não foram mobilizados ou raramente o foram. No presente estudo, constatou-se que os argumentos que os professores construíram não possuíam, de forma explícita, qualquer qualificador modal e as condições de refutação propostas não correspondiam ao pretendido na perspectiva toulminiana.

Em síntese...

(1) Segundo os professores, uma opinião diferencia-se de um argumento pois aquela é desprovida de sustentação ou suporte científico. Assim, um argumento deve apresentar características de objetividade e de cientificidade;

(2) Um ‘bom’ argumento caracteriza-se por se sustentar em dados /evidências ou em teorias aceitas e comprovadas pela comunidade científica, devendo, ainda, ser resistente à contra-argumentação, possuir coerência lógica e incluir uma dimensão crítica;

(3) Os professores revelaram dificuldades em distinguir alguns elementos do PAT, em particular, o fundamento da garantia;

(4) Os dois argumentos construídos pelos professores apresentaram algumas debilidades na perspectiva do padrão desenvolvido por Toulmin. As dificuldades mais patentes prenderam-se com a elaboração de condições de refutação, para além da ausência do qualificador modal;

(5) Como elementos fundamentais a ter em conta na construção de um argumento foram focados os dados, a conclusão e o fundamento;

(6) A presença de condições de refutação foi referida como uma mais-valia na determinação da qualidade de um argumento.

4.1.1.2 Contexto escolar

A – A importância da argumentação científica

Um dos objetivos da investigação foi perceber que importância os professores atribuíam a um ensino de ciências orientado para o desenvolvimento de competências de argumentação científica. Do questionário constavam dois itens – 36 e 37 – sobre este assunto. O item 36 apresentava a seguinte afirmação: “A argumentação científica é muito importante no ensino das ciências”, enquanto o enunciado do item 37 referia: “Saber argumentar cientificamente é uma competência essencial na sociedade atual”. Os resultados estão expressos na Figura 17. Dos 204 inquiridos que responderam a ambos os itens, uma larga maioria concordou com as afirmações. Estes resultados revelam que os professores atribuíram relevância à argumentação científica no campo social e escolar. Ainda assim, parece existir maior concertação de opiniões em relação à importância da argumentação na educação em ciência do que em termos sociais. Efetivamente, a afirmação do item 36 foi alvo de concordância por 88,2% (180) dos respondentes, contra 69,6% (142) em relação à afirmação do item 37. Há, porém, uma maior percentagem de inquiridos com tendência para concordar em relação ao item 37 (25,5%, correspondente a 52 respostas) do que em relação ao item 36 (11,3%, correspondente a 23 respostas). Este último item apenas mereceu a quase discordância de 0,5% (1) da amostra e 5% (10) dos

inquiridos, expressaram a sua discordância ou quase discordância em relação à afirmação do item 37.

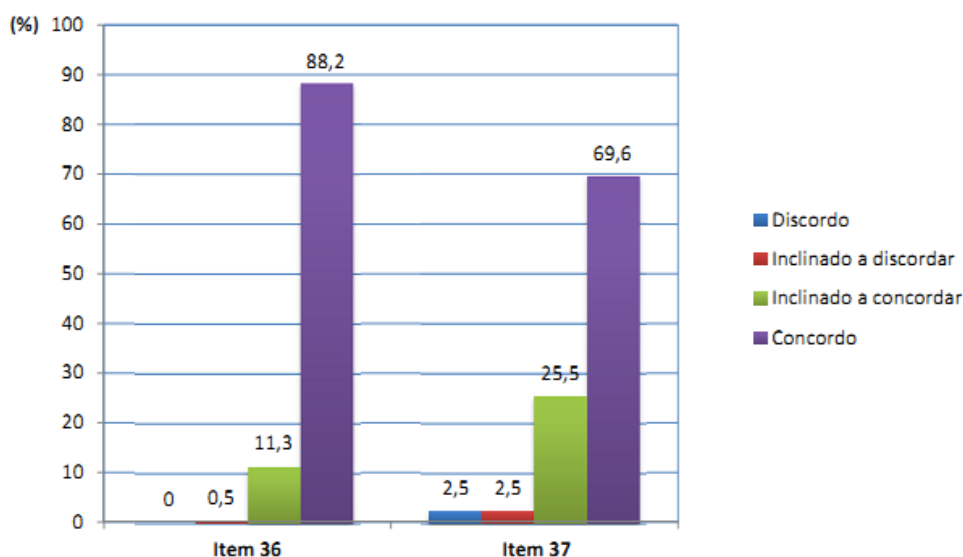


Figura 17 – Frequências relativas das respostas aos itens 36. e 37. do questionário

Por sugestão nossa, os professores do grupo focal procuraram justificar os resultados obtidos no questionário. Três tipos de razões foram invocados para explicar o porquê de nem todos os inquiridos terem concordado com as afirmações. O primeiro deles refere-se a um possível desinteresse por parte de quem respondeu ao questionário. Este motivo, sugerido por Ilda, baseou-se na sua percepção sobre a forma como vários professores respondem aos questionários. Afirmou, Ilda: *“Uma [possível justificação] pode passar, simplesmente, por fazerem isto tão depressa que nem leram aquilo que aqui está e acho que isso não é de excluir”* (GF1_Il_235). A segunda razão justificativa, sugerida por Telma e Alcina, prende-se com a resistência à mudança, ou seja, segundo estas docentes, atribuir relevância à argumentação na educação em ciência implica colocar em causa as práticas pedagógicas tradicionais, pelo que alguns professores, ainda que em minoria, oferecerão resistência em qualificá-la de relevante. Por fim, a terceira razão apresentada relaciona-se, segundo Emílio,

[com] o desconhecimento das coisas, [que] por vezes, faz com que tenhamos reticências em concordar e acho que uma das coisas pode ser essa, pode... ‘eu não sei muito bem o que é que é a argumentação, nunca experimentei, nunca fiz nada disto, não sei se isto é importante ou não (GF1_Em_237).

Várias têm sido as razões apontadas para justificar a inclusão da argumentação em aulas de ciências. Apresentamos na Tabela 15, uma síntese dos principais motivos

referidos, pelos professores, com algumas das afirmações proferidas durante as sessões de grupo focal ou registadas no relatório final individual.

Tabela 15

Motivos apresentados pelos professores do grupo focal para justificar a importância da argumentação científica em contexto escolar.

Motivo	Citação
[1] Contribui para formar cidadãos interventivos e críticos	<i>Convém formar, então, os alunos tendo em conta a sua futura participação informada, crítica e fundamentada em processos de tomada de decisão face aos mais diversos assuntos. (RI_Fa)</i>
[2] Desenvolve capacidades cognitivas	<i>Em termos... até em termos sociais porque... desenvolvendo estas competências, no fundo, as pessoas... é uma forma... implica refletir, não é, sobre uma determinada questão... defender determinados... determinadas ideias... ou seja, pensar... e... e portanto... acho que enquanto pessoas, vão... vão crescer e isso em termos sociais também é importante porque, vão ser, em princípio, pessoas que vão ter opiniões mais fundamentadas, vão eventualmente até desenvolver autoconfiança... pronto. Para além de... intelectualmente também. (GF1_Te_201)</i>
[3] Desenvolve o espírito crítico face à diversidade de informação	<i>É... é mais na perspetiva de saber utilizar aquilo que se sabe, de forma contextualizada. Estou a ser redundante, claro. (sorrisos) Mas... o ensino, e principalmente como resultado dos tais questionários PISA e... e outros, outros que têm sido feitos também, não é só o PISA... há algumas questões que se colocam ao nível de como lidar com a... com a informação. Porque... eu acho que também foi aquilo que também já falámos aqui também numa sessão, aqui há uns tempos atrás, que é a... a questão de a escola ter, no... no tempo passado... era a detentora do saber e era a única forma de se aceder ao saber e, hoje em dia, ela tem mais que ensinar, a olhar pelo saber do que propriamente ser uma transmissora de saberes, porque a informação... hoje em dia, existem milhares de suportes que estão... perfeitamente acessíveis e disponíveis, e eles têm, têm que saber o que fazer com essa informação. (GF6_Em_24)</i>
[4] Ajuda a desenvolver atitudes positivas face à ciência	<i>Despoletar a vontade de serem cientistas. Sim, porque eu acho que isso também ajuda a perceber que se constrói aos poucos e a criar o 'bichinho' para eles. Acho...eu acho que é assim. (GF2_Il_939)</i>
[5] Favorece a construção de conhecimento científico	<i>Para já, [a argumentação científica] ajuda-os a construir... o conhecimento, não é? (GF7_Te_14)</i>
[6] Contribui para uma melhor compreensão da construção da ciência	<i>O ensino das ciências é um local ótimo para trabalhar a argumentação, porque a construção da ciência passa muito por esse género... por esse processo. (GF6_Il_57)</i>

Podemos integrar os motivos listados em três categorias principais: desenvolvimento nos alunos de competências no domínio do raciocínio e das atitudes [2 e 4]; (b) formação de cidadãos numa perspetiva de conhecimento para a ação (Sardá, & Sanmartí, 2000) [1 e 3] e (c) contributo para a construção de conhecimentos científicos e metacientíficos [5 e 6]. Dos seis motivos elencados, o [1] e o [2] foram alvo de maior destaque e o [4], [5] e [6] foram os menos salientados pelos docentes. Daqui se conclui que os motivos que remetem para a importância do papel da argumentação científica na construção de conhecimento e para uma melhor compreensão da natureza da ciência foram alvo de menor atenção comparativamente aos restantes. Em contrapartida, o papel social da argumentação científica, enquanto ferramenta que permite a formação de cidadãos mais críticos e interventivos, foi fortemente salientado pelos professores.

Nas últimas sessões do grupo focal, procurámos compreender, de forma mais concreta, o papel que os professores atribuíam à argumentação no processo das aprendizagens científicas dos alunos, ainda que, numa fase inicial, lhe tenham dado pouco relevo, conforme acabámos de evidenciar. Para tal, começámos por divulgar, no grupo focal, os resultados do questionário relativos aos itens 39 e 47 (Figura 18).

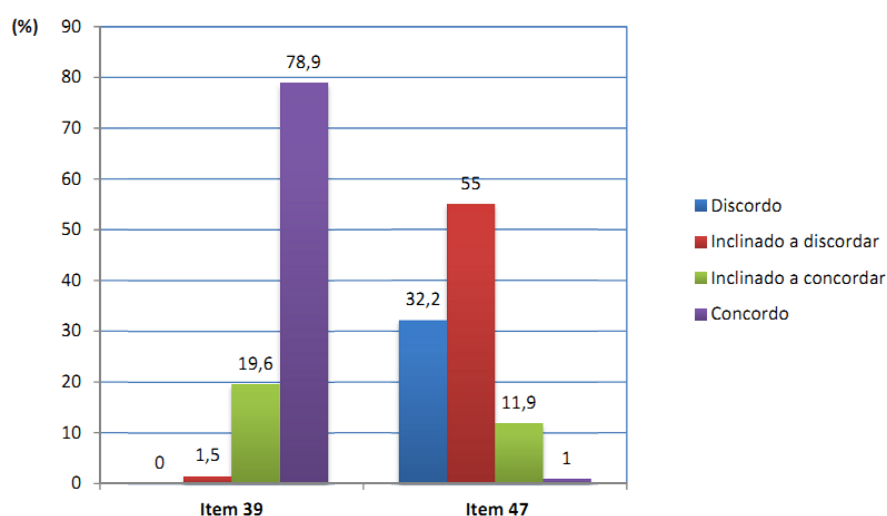


Figura 18 - Frequências relativas das respostas aos itens 39. e 47. do questionário.

Com o item 39 foi nossa pretensão que os inquiridos se posicionassem relativamente à afirmação “O desenvolvimento da argumentação científica facilita as aprendizagens previstas nos programas das disciplinas de Biologia e Geologia”. Como constatamos da leitura da Figura 18, apenas 1,5% (3) dos inquiridos mostraram estar inclinados a discordar, tendo os restantes 98,5% (201), concordado, totalmente ou parcialmente, com a afirmação. Já em relação ao item 47, a que correspondia a afirmação

“É preferível que os alunos aprendam conhecimentos científicos do que desenvolvam a argumentação”, os resultados quase que se invertem, isto é, a maioria dos inquiridos manifestou a sua discordância, total ou parcial, tendo 12,9% (26) assinalado algum nível de concordância. Desta forma, parece que existiu uma quase unanimidade entre os inquiridos de que a argumentação científica contribui para as aprendizagens previstas nos currículos, havendo uma maior desconfiança quanto ao facto de se preterirem as aprendizagens dos conteúdos conceptuais em relação ao aprender a argumentar. Os professores do grupo focal avançaram com algumas explicações possíveis para estes resultados que se podem integrar em duas perspetivas: (1) argumentação e aprendizagens científicas são processos concomitantes, devendo estar vinculados; (2) para argumentar é necessário ter existido uma apropriação prévia de conteúdos conceptuais. A primeira destas duas perspetivas foi apoiada por Emílio, como denota a seguinte afirmação:

...porque todo o conhecimento é acompanhado de sustentação e, portanto... contém em si uma... uma argumentação e, portanto, não faz sentido... desligar uma coisa da outra e, por isso, estava a pensar como é que se podia estar a preferir uma coisa do que outra, se as duas estão contidas (GF7_Em_24).

Emílio parece defender uma visão integradora das aprendizagens, ou seja, que durante o processo de aprendizagem de conteúdos conceptuais, os alunos devem desenvolver, simultaneamente, a argumentação científica, pelo que não tem sentido abdicar de uma em função da outra. No entanto, outros professores preferiram sublinhar a primazia da apropriação de conhecimentos científicos. Segundo eles, só dessa forma se poderá favorecer o desenvolvimento de competências científicas, como as de argumentação, pelo que parecem considerar uma não simultaneidade entre os dois processos, mas antes um processo sequencial, como traduzem as seguintes citações:

Eu começaria pela dependência [entre conhecimentos científicos e argumentação]. Ou seja, se eles [os alunos] podem aprender conhecimentos científicos sem que isso implique desenvolverem... as competências em termos de... de argumentação, e... mas o contrário, o contrário já acho difícil que, que se faça, não é? Ou seja, podem aprender a desenvolver o método de argumentação, mas... mas depois, quando passam à prática, se, como nós dissemos, se as coisas não estiverem consistentes em termos de conhecimento científico, dificilmente poderão argumentar convenientemente, não é? [GF7_Te_12]

Acho que concordo com o que a Telma disse. Eles, para poderem argumentar, têm que... este ‘preferível’ é... está aqui a complicar a situação, mas eles não podem argumentar cientificamente se não tiverem apropriado os significados do conhecimento científico para desenvolverem... [GF7_Al_31]

Exatamente. Não sei se estou... mas concordo com o que a Telma disse. Porque tem que haver substrato, tem que haver conhecimentos científicos, porque se não, eles também não se podem exprimir, não é? Como é que vão argumentar? [GF7_Ta_37]

Estes posicionamentos parecem partir de diferentes concepções sobre a forma de colocar o currículo em ação. Emílio apresenta uma imagem mais integradora dos saberes e das competências procedimentais a desenvolver pelos alunos. Já Telma, Alcina e Tânia veiculam a defesa de uma perspectiva mais dualista e sequencial das ações, destacando a necessidade prévia da aprendizagem dos conteúdos conceptuais. Só depois dessa apropriação, os alunos poderão desenvolver as competências de argumentação. Esta última posição parece encontrar algumas raízes no que anteriormente foi afirmado relativamente ao valor que, alguns destes docentes, atribuíram aos saberes do argumentador na construção de ‘bons’ argumentos.

Em síntese...

(1) A maioria dos professores atribuiu relevância ao papel da argumentação no ensino das ciências, tendo ainda concordado que saber argumentar cientificamente é essencial face aos desafios que a sociedade atualmente coloca aos cidadãos;

(2) A mobilização da argumentação científica, em contexto escolar, é importante pois contribui, fundamentalmente, para (i) o desenvolvimento do raciocínio e de atitudes positivas para com a ciência e (ii) formação de cidadãos mais informados e interventivos;

(3) Quanto ao papel que a argumentação pode desempenhar na construção de conhecimentos científicos e metacientíficos, houve docentes que se enquadraram na perspectiva de que se deve “aprender para argumentar”, isto é, que há uma sequencialidade nos processos de aprendizagem científica, que deve contemplar inicialmente a aprendizagem conceptual para, posteriormente, os alunos aprenderem a argumentar, enquanto outros preferiram destacar a perspectiva de “argumentar para aprender”, salientando a simultaneidade daqueles processos.

B – O uso de provas / evidências no ensino e aprendizagem das ciências

Um dos alicerces da racionalidade da ciência encontra-se no uso de provas ou evidências na sustentação de enunciados científicos. Deste modo, a ciência está comprometida com a evidência (Siegel, 1995). Os professores do grupo focal reconheceram a importância do uso de provas ou evidências na construção de argumentos científicos. Segundo Fátima, ao utilizar provas para fundamentar as afirmações que faz, o

professor transmite “...a perspectiva correta do que é a ciência, penso eu. É tão importante quanto isso. É básico, o conhecimento científico tem que se basear em evidências” (GF2_Fa_920). Quisemos, portanto, perceber se os professores consideravam fazer uso de provas nos processos de ensino e aprendizagem. Ilda e Fátima afirmaram recorrer ao uso de evidências durante as aulas. Enquanto Fátima confirmou que faz uso de provas, mais ao nível da lecionação de conteúdos de Biologia, Ilda, é perentória ao referir, com alguma veemência: “E não fazemos isso? Fazemos!” (GF2_II_909). Já Emílio alvitrou ter conhecimento de situações onde tal não sucede:

É porque eu não tenho noção de qual é a percentagem mas conheço pessoas que não fazem mais do que ler e sublinhar o manual. Não me parece que, nessa perspectiva, exista algum... algum cuidado em ter dados... (GF2_Em_902).

Tendo procurado sustentar, ainda mais, o seu argumento, Emílio continuou, afirmando:

Eu acho que fazemos algumas coisas que, para os alunos e na perspectiva dos alunos, às vezes eles têm que acreditar. É uma crença, porque aquilo não é evidência, é uma crença. Eles acreditam porque é a autoridade, porque sou eu que estou a dizer. Eu, por exemplo, eu acho uma coisa que chamo sempre a atenção das minhas colegas. A... a... a extração do DNA, por exemplo, na perspectiva do aluno, ver aquela ‘ranhoca’...(risos) ...desculpem, mas é uma questão de crença!... (falas sobrepostas)... porque ver aquela ‘ranhoca’, não diz nada! (GF2_Em_913).

Este professor procurou salientar que, por vezes, o discurso nas aulas de ciências se baseia em argumentos de autoridade, quer por se centrar na voz do professor enquanto transmissor do ‘verdadeiro’ conhecimento, quer por recorrer aos textos dos manuais, sem os questionar, assumindo-se que são um veículo da verdade científica. Os alunos são orientados pelo professor, que é reconhecido socialmente como detentor do saber científico, sem que haja a necessidade de compreender “*como é que se chegou lá?*” (GF2_II_930), ou ‘o que nos permite fazer essa afirmação?’. Daí que Emílio tenha exposto que o recurso a ‘crenças’, por vezes, substitui o uso de provas, nas aulas de ciências. Na tentativa de persuadir o restante grupo, Emílio recorreu a um exemplo concreto de uma atividade laboratorial que consta de vários manuais do 11.º ano de escolaridade, cuja finalidade é extrair e visualizar moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA). De acordo com aquele professor, não há possibilidade de afirmar que o emaranhado de filamentos obtidos corresponda a moléculas de DNA, extraídas a partir de células animais ou vegetais, pelo que é a autoridade do professor que permite aceitar a conclusão, sem a questionar. Neste caso, ainda segundo Emílio, a justificação do argumento não permitiria assegurar, com certeza, que se trata de moléculas de DNA, atendendo a que os filamentos poderiam ser qualquer outra substância extraída das células (por exemplo, proteínas filamentosas).

Para além de comentarem acerca do uso (ou não) de provas durante as atividades de ensino e de aprendizagem, os professores também se pronunciaram relativamente ao papel dos alunos na recolha de dados empíricos, nomeadamente, através da realização de trabalhos laboratoriais. Alcina referiu que durante as suas aulas, em certos temas do programa, são os alunos que têm que ir em busca das evidências que lhes permitam responder às questões orientadoras de trabalhos que propõe. No entanto, reconheceu que nem sempre há dados disponíveis ou acessíveis pelo que se torna mais difícil desenvolver este tipo de trabalhos que envolvem os alunos na recolha de dados e no uso de provas: *“...quando nós damos determinados conteúdos que não há muita evidência, portanto, são mais abstratos... torna-se mais complicado”* (GF2_AI_905). Alcina parece reconhecer, neste contexto, que em relação a algumas das temáticas constantes dos currículos de ciências se torna complexo recorrer ao uso de provas para fundamentar o conhecimento ou parece assumir que desconhece as evidências empíricas em que ele se fundamenta. Em consequência, nesses casos, é mais habitual o recurso a aulas de carácter expositivo onde a aprendizagem dogmática da ciência é predominante (Osborne, MacPherson, Patterson, & Szu, 2012), sem dar lugar à discussão de assuntos científicos e ao uso de provas.

Foi com a intenção de observar como reagiam e que reflexões sugeriam os professores perante um exercício cuja finalidade era relacionar uma série de enunciados científicos, comuns em aulas de ciências, com as provas e justificações em que se suportam, que propusemos a realização da tarefa ‘identificação de provas’, que consta do Apêndice IX. Esta tarefa que foi adaptada de Osborne, Erduran e Simon (2004) e de Jiménez-Aleixandre, Gallástegui, Eirexas e Puig (2009), envolveu duas atividades complementares: inicialmente, cada professor registou no respetivo documento a sua sugestão de prova e justificação, para os diferentes itens; num segundo momento, procedeu-se à discussão geral das respostas, que constam da Tabela 16. As respostas apresentadas foram transcritas a partir dos documentos preenchidos pelos professores. Os sete itens foram distribuídos, ao acaso, pelos professores, sendo que cada participante se debruçou, com mais pormenor, sobre dois deles. Tal decisão deveu-se a limitações de tempo para a realização desta tarefa. No entanto, num segundo momento, todos os sete itens foram alvo de discussão geral.

Tabela 16

Exemplos de respostas dos professores à tarefa 'identificação de provas'

Enunciado	Prova	Justificação
1. Os seres vivos evoluíram ao longo do tempo: as espécies atuais provêm de outras espécies anteriores.	Os fósseis mais antigos são de cianofíceas, os organismos procariontes são os mais simples que se conhecem. (DP2_Fa)	Os organismos mais simples apareceram primeiro. (DP2_Fa)
2. Os seres vivos são formados por células.	Observações microscópicas. (DP2_Al)	Teoria celular - Schwann e Schleiden, célula unidade básica dos seres, mais pequena porção da matéria viva. (DP2_Al)
3. O fluxo de energia num ecossistema diminui de um nível trófico para o seguinte, com uma perda de 90% em cada um.	A energia luminosa captada pelos produtores. Os produtores estão nos níveis tróficos inferiores. (DP2_He)	-----
4. A Terra gira sobre si mesma, o que provoca a alternância do dia e da noite.	A Terra apresenta rotação. O planeta Terra movimenta-se em torno do Sol. (DP2_He)	O movimento de rotação da Terra e o facto de a Terra girar em torno do Sol leva a que ocorra a alternância do dia e da noite. (DP2_He)
5. A extinção dos dinossáurios deveu-se provavelmente ao impacto de um asteroide.	Registo fóssil relativo aos dinossáurios e outros grupos de animais, plantas terrestres e aquáticas. (DP2_Te)	O registo fóssil mais antigo, nomeadamente dos dinossáurios, mais ou menos, de idade igual => a extinção dos dinossáurios será consequência de um cataclismo a nível planetário mas causado por um agente extraplanetário, com impacto de um asteroide. (DP2_Te)
6. A Terra tem cerca de 4 600 milhões de anos.	Datação das rochas terrestres mais antigas. (DP2_Te)	As rochas mais antigas datam, aproximadamente, de 4000 Ma, pelo que a Terra, só poderá ter uma idade superior a essa. (DP2_Te)
7. As plantas absorvem dióxido de carbono e libertam oxigénio durante a fotossíntese.	Dados empíricos de dispositivos experimentais que comprovam diminuição do CO ₂ e aumento de O ₂ e produção de (CH ₂ O) _n , sempre que há presença de luz. (DP2_Em)	Fotossíntese? Processo metabólico de produção de (CH ₂ O) _n , sempre que há presença de luz. (DP2_Em)

Da análise das respostas presentes na Tabela 16, podemos perceber que: (i) nem sempre as evidências registadas permitem sustentar os respetivos enunciados; (ii) em relação a determinados itens, os professores revelaram dificuldades em relacionar as provas e os enunciados, através de justificações. De forma a apoiar estas inferências, vamos discutir casos concretos relativos a alguns dos itens, socorrendo-nos das respostas presentes na Tabela 16 e de excertos da discussão geral.

O item 1 apresenta um enunciado acerca do evolucionismo, remetendo para relações de ancestralidade entre espécies, ao pretender que se justifique que as espécies atuais provêm de outras anteriores. As provas paleontológicas são das mais significativas para apoiar a evolução das espécies (Dawkins, 2009). De entre elas têm particular relevância as formas fósseis de transição, pois permitem identificar relações de parentesco ancestrais entre espécies que atualmente integram grupos taxonómicos diferentes. Ao analisarmos as evidências citadas por Fátima, verificamos que nelas se ignora este grupo de fósseis, remetendo, antes, para as primeiras formas de vida - cianobactérias. Ora, a alusão às formas fósseis mais antigas conhecidas não permite, contudo, apoiar que as espécies atuais provêm de outras anteriores. Apenas contribui para sustentar a primeira parte do enunciado, quando se comparam essas formas fósseis com outras mais desenvolvidas que ficaram registadas ao longo do tempo geológico. Isto foi, aliás, reconhecido por Fátima quando, ao apresentar a prova para o item 1 se referiu à primeira parte do enunciado: *“Portanto isso... é uma evidência importante de... de que os seres mais simples apareceram primeiro do que os mais complexos, ou seja, isso prova que houve evolução. Os animais mais simples apareceram primeiro”* (GF2_Fa_602). Apenas a partir do momento em que Ilda mencionou a existência de ancestrais comuns e após termos aludido às formas sintéticas é que Fátima aceitou que essa seria a prova e justificação mais ajustada a todo o enunciado. Em síntese, a tipologia de provas a favor do evolucionismo que Fátima utilizou revelou-se adequada – provas paleontológicas, todavia o exemplo que mobilizou, inicialmente, para justificar a relação entre o enunciado e a prova não se revelou o mais apropriado por não permitir sustentar a afirmação, na sua totalidade.

É frequente encontrarmos em manuais escolares de ciências naturais, o enunciado correspondente ao item 3. No entanto, quando instados a identificar as provas e a apresentar a respetiva justificação, Hélder e Tânia, consideraram a tarefa difícil. Ainda assim, e apesar de Hélder não ter conseguido avançar com qualquer justificação e após ter apresentado provas que também não permitiam o apoio direto do enunciado, Fátima identificou a diminuição de biomassa entre níveis tróficos diferentes como evidência que sustenta a afirmação do item 3, tendo espoletado em seguida um conjunto de intervenções de que se reproduz um excerto,

688 Fátima (Fa) – Sim, há menos, há menos preda... superpredadores que produtores!

689 Tânia - À medida que vamos...

690 Hélder (He) - Isso é aquela coisa das pirâmides!

691 Telma (Te) – Mas isto dos 90% até é... Isto é uma quantificação.

692 Fa – Exatamente.
 693 Te – Portanto, é, sei lá, ver...
 694 He – Mas é difícil é...
 695 Te – Relativamente a... a... pesar ou quantificar de alguma forma todos os... exatamente, não é? e depois...
 696 Investigador (I) – Há uma diminuição de biomassa de nível trófico para nível trófico.
 697 (*falas sobrepostas*)
 698 Te – Exatamente!
 699 I – Isto, de facto, é uma evidência, portanto, tem a ver com a proporção dos produtores, dos herbívoros, dos carnívoros...
 700 Te – Dá um bocadinho de trabalho...
 701 I – Mas é uma evidência, não é?
 702 Emílio – Mas há dados... há dados empíricos. (GF2)

Deste excerto queremos salientar a afirmação de Telma ao referir que a prova constituída não permitia apoiar a perda de 90% de energia entre níveis tróficos consecutivos, ainda que tenha sugerido a pesagem ou a quantificação de organismos como forma de fortalecer a prova. No entanto, concluiu com “*dá um bocadinho de trabalho*” (GF2_Te_700), tomando consciência da dificuldade em operacionalizar o processo de quantificação da biomassa, tendo Emílio aproveitado para afirmar que há dados disponíveis que autorizam a afirmação. Este e outros exemplos, permitem-nos considerar que consoante a discussão foi progredindo, os docentes foram tomando consciência da necessidade de aferir, com maior precisão, as provas aos enunciados que elas devem sustentar.

Por fim, avançamos com a análise da discussão em torno do item 4. É de conhecimento comum que a Terra gira sobre o seu próprio eixo, o que justifica a alternância entre o dia e a noite. Ainda assim, as evidências empíricas tendem a contrariar aquela afirmação pois, diariamente, podemos observar o Sol a ‘nascer’, na direção Este e a ‘pôr-se’ na direção Oeste. Foi, aliás, este movimento aparente do Sol, uma das evidências empíricas que, durante tantos séculos, conferiu autoridade ao paradigma geocêntrico. Interessante é verificar que perante um enunciado tão comum tenha sido tão complexo, para professores de ciências, identificar as provas científicas que o sustentam. Efetivamente, todos os docentes do grupo focal consideraram este como o enunciado mais difícil de justificar, com recurso a provas, uma vez que estando solidários com a Terra, não nos apercebemos da movimentação em torno do seu eixo. Em seguida, transcrevemos algumas interações que ocorreram e que evidenciam a perplexidade dos professores ao aperceberem-se da dificuldade em identificar as evidências de apoio ao enunciado do item 4:

708 Hélder (He) – Não sei. A existência do movimento de rotação?
709 Ilda – Eu cheguei à [afirmação] três, saltei logo para a cinco.
710 He – Não pensei mais nessa.
[...]
713 Telma (Te) – Mas como é que tu provas...
714 He – Agora, como é que se prova...
715 Te – Tu dizeres que ok, porque a Terra é movida de movimento de rotação... ou é dotada de movimento de rotação, isso não é uma evidência.

Hélder começou por assumir a sua dificuldade, tendo proposto o que tinha registado, por escrito, que consistia numa questão. Após, Ilda também ter afirmado que não tinha perdido tempo a tentar identificar as provas em relação a esse enunciado, Telma contra-argumentou, referindo que a proposta de Hélder não representava uma evidência ajustada à afirmação. Emílio, após estas intervenções, tentou justificar a dificuldade sentida por todos, acabando por afirmar que noutras disciplinas, como em Geografia, os professores e alunos têm mais conhecimento de causa que lhes permite fazer a identificação das provas de forma mais expedita. Considerando a dificuldade emergente, apresentámos como evidência a rotação aparente do plano de oscilação do pêndulo de Foucault. Efetivamente, apesar do pêndulo oscilar sempre no mesmo plano, este parece ir rodando ao longo do tempo, a uma taxa de 15 graus, por hora, completando uma volta a cada 24 horas, devido ao movimento de rotação da Terra. A dificuldade em justificar este enunciado científico foi já objeto de análise por parte de autores como Duschl e Osborne (2002), conforme evidencia a seguinte citação,

Por exemplo, simplesmente pedindo à maioria dos alunos de ciências (e muitos professores de ciências), qual é a justificação para a explicação científica padrão do dia e da noite expõe que a sua única razão para este conhecimento reside numa crença na autoridade epistémica dos seus professores ou dos manuais escolares ao invés de um conhecimento das provas em si (p. 64).

Parece-nos que a afirmação anterior traduz, em parte, o que ocorrerá em muitas aulas de ciências. Isto permite explicar o porquê de professores com experiência profissional tão longa possam hesitar, quando colocados perante um exercício como aquele com que foram confrontados. Isto não significa que não consideremos que nas aulas de ciências, os professores não façam, esporadicamente, uso de provas para justificar algumas das afirmações produzidas. No entanto, parece-nos que os argumentos de autoridade, ao inibirem o questionamento e a reflexão, contribuirão para ignorar as evidências que sustentam as explicações científicas

Queremos, ainda, salientar que os professores consideraram que em determinados itens a identificação de provas foi mais imediata do que noutros, incluindo-se nestes o que acabámos de discutir e naqueles, os itens que remetiam para a

identificação de provas empíricas, como o 2 e o 7. A situação talvez se possa explicar atendendo a que os enunciados científicos dos itens 2 e 7 são habitualmente trabalhados em sala de aula, recorrendo a atividades de natureza laboratorial que estão disponíveis em manuais escolares e que são frequentemente realizadas pelos alunos. As provas usadas para a justificação dos restantes enunciados, não estando diretamente dependentes de dados observáveis, poderão orientar os professores para uma retórica de conclusões, onde a preocupação reside, sobretudo, na transmissão do produto final da ciência (Duschl, & Osborne, 2002; Duschl, 2008b; Osborne, 2001; Jiménez-Aleixandre, 2010).

Em síntese...

(1) Os professores afirmaram recorrer ao uso de provas para sustentar os conteúdos conceptuais abordados nas aulas. Contudo, um dos participantes reconheceu que há professores que se socorrem da sua autoridade, enquanto especialistas na área da ciência, para expor os assuntos, sem considerar a necessidade do uso de provas que permitam aos alunos avaliar as afirmações produzidas, salientando a dimensão retórica do discurso docente,

(2) Os professores manifestaram, ainda, algumas dificuldades em identificar provas para sustentar enunciados comuns em aulas de ciências, particularmente, quando esses enunciados não remetiam para o uso de provas empíricas de atividades laboratoriais realizadas em contexto de sala de aula.

4.1.2 Concepções relativas à natureza da ciência

A argumentação ganha particular relevo numa concepção de ciência enquanto prática social na qual a negociação entre elementos da comunidade científica com a finalidade de eleger a explicação mais convincente para um determinado fenómeno natural (Sardà, & Sanmartí, 2000) ocupa lugar de destaque. Foi com o pressuposto de que as ideias sobre a construção da ciência podem influenciar a forma como os professores vislumbram um ensino de ciências orientado para o desenvolvimento da argumentação, que procurámos identificar algumas das suas concepções epistemológicas, relacionando-as com a função que a argumentação desempenha na produção e avaliação do conhecimento científico (Sampson, & Clark, 2006a).

Considerando as dimensões da natureza da ciência que integram as secções da parte II do questionário, constituímos quatro subcategorias, conforme se observa na

Figura 19: (1) natureza do conhecimento científico; (2) produção do conhecimento científico; (3) validade e fiabilidade do conhecimento científico e (4) os cientistas na construção de conhecimento científico.

4.1.2.1 – Natureza do conhecimento científico

Nesta subcategoria procurámos identificar as características que os professores atribuem ao produto da ciência, ou seja, ao conhecimento científico. A partir dos resultados do questionário e da análise de conteúdo das transcrições das sessões do grupo focal, identificámos duas dimensões principais, ao nível desta subcategoria: dimensão internalista e dimensão externalista. A primeira refere-se a aspetos epistemológicos relativos à construção da ciência académica e a segunda, a relações que se estabelecem entre a sociedade e a ciência (Ziman, 1984).

O questionário continha seis itens correspondentes à secção A, que procuravam discriminar as representações dos professores sobre a natureza do conhecimento científico. A Tabela 17, que apresenta uma síntese dos dados obtidos, contém os pares de afirmações de cada item, classificados de acordo com a visão alternativa ou visão consistente, ou seja, mais de acordo com posicionamentos de orientação positivista ou pós-positivista de ciência, respetivamente. As percentagens de respostas atribuídas a cada uma das referidas visões resultaram da soma das percentagens de respostas obtidas em relação aos valores da escala situados nos extremos, ou seja, 1+2 ou 4+5. Ainda que haja alguma diferença, em termos de posicionamento entre os valores da escala 1 e 2 ou 4 e 5, assumimos que 2 e 4 denotam uma tendência para os posicionamentos que se situam nos valores extremos respetivos, 1 e 5.

Os itens 11, 13 e 15 são os que apresentam respostas mais consensuais entre os professores respondentes. Em cada um deles, a mediana da amostra situa-se nos extremos da escala: $m=1$ para o item 11 e $m=5$ para os itens 13 e 15. São de entre os sete itens da secção A, aqueles onde há uma menor dispersão de resultados, com uma amplitude interquartis de valor 1, no caso dos itens 11 ($Q_{1/4}=1$; $Q_{3/4}=2$) e 15 ($Q_{1/4}=4$; $Q_{3/4}=5$) e de zero, no caso do item 13 ($Q_{1/4}$ e $Q_{3/4}=5$). Já em relação ao item 10, cujo conteúdo segue a linha de pensamento do item 15, existe uma menor consensualidade em relação à visão consistente, daí que se verifique uma maior dispersão de resultados, atendendo a que 25% da amostra se posicionou até ao valor 3 da escala, revelando visões alternativas ou indecisão em relação à escolha entre as duas afirmações.

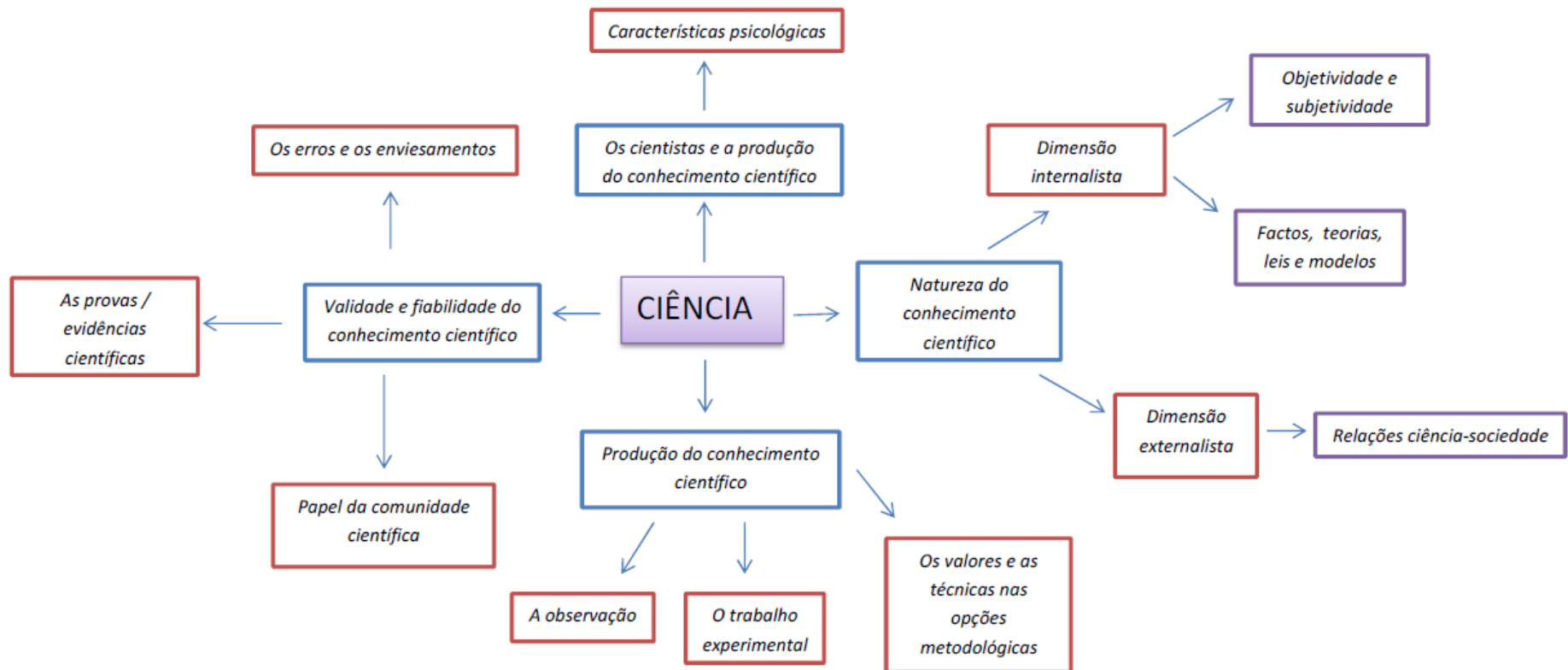


Figura 19 - Mapa semântico relativo ao bloco temático/categoria – ‘Concepções de professores sobre a natureza da ciência’

Tabela 17

Síntese de resultados obtidos nos itens da secção A, da parte II, do questionário.

Item	Visão alternativa	%	Visão consistente	%
10.	O conhecimento científico descreve a realidade tal como ela é e a forma como funciona.	11,9	O conhecimento científico representa uma possível explicação ou descrição da realidade.	71,5
11.	O conhecimento científico deve ser considerado como certo.	2,5	O conhecimento científico deve ser considerado provisório.	89,2
12.	O conhecimento científico é objetivo.	65,3	O conhecimento científico é subjetivo.	10,4
13.	O conhecimento científico não se altera, a partir do momento em que é descoberto.	0	O conhecimento científico é, geralmente, alterado, ao longo do tempo, fruto de novas investigações e perspectivas.	99
14.	O conceito de “espécie” é uma característica inerente à vida na Terra; é completamente independente da forma como os cientistas pensam.	49	O conceito de “espécie” foi inventado pelos cientistas como forma de descrever a vida na Terra.	35,7
15.	A melhor forma de descrever o conhecimento científico é considerá-lo como um conjunto de factos acerca do mundo.	1,5	A melhor forma de descrever o conhecimento científico é considerá-lo como uma tentativa de descrição e de explicação sobre o funcionamento do mundo.	85,3

Ainda assim, a mediana do item 10, situa-se no valor 4, sendo que mais de 70% da amostra revelou aproximar-se de uma visão consistente. Podemos considerar que uma maioria assinalável da amostra reconheceu a mutabilidade do conhecimento científico, a sua provisoriedade e que a ciência procura descrever e explicar fenómenos naturais. Estas conceções são coincidentes com as manifestadas pelos professores do grupo focal. Em relação ao conceito de ciência, Hélder afirmou o seguinte,

A ciência? É tentar... para já a ciência tenta explicar o meio que nos rodeia, não é? Tentar arranjar explicação para o que nos rodeia, para todos os fenómenos que nos rodeiam, desde arranjar modelos, arranjar teorias de modo a que consigamos perceber... este, este mundo que nos envolve. (GF3_He_289).

Hélder salientou o carácter explicativo da ciência patente na elaboração de teorias e de modelos científicos. Outros docentes sublinharam a dimensão humana da ciência, referindo que é um produto da construção humana, para explicar os fenómenos e, ainda, que o conhecimento científico resulta da interpretação de tudo quanto é questionável, afastando da ciência o conhecimento dogmático, conforme afirmou Fátima, “*Aquilo que eu*

não questiono, aquilo em que eu acredito sem questionar, para mim não é ciência. São crenças. É do domínio da religião, talvez!” (GF3_Fa_303). Esta posição foi, também, defendida por outros docentes, como Emílio:

353 Emílio (Em) – Eu só, eu só queria dizer, eu acho é que o ramo da estética e o campo da fé, pelo menos são de colocar completamente de lado.

354 Fátima (Fa) – Exatamente.

355 Investigador – E porquê?

356 Em – Porque, porque acho que a ciência... a ciência não pode basear-se em...

357 Fa – Em dogmas.

358 Em - ...em fundamentos dogmáticos, penso eu, não é? Que é a questão da fé. Por outro lado, também acho que não... não deve estar ligado aos gostos pessoais, individuais das pessoas, não é? Por isso também colocaria isso de lado, nessa perspetiva. (GF3)

Há, nestas posições, uma aproximação a teses bachelardianas nas quais se acusa o conhecimento dogmático, ou seja, não questionado, de se constituir como obstáculo epistemológico. De acordo com Bachelard (2006), *“todo o conhecimento é uma resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”* (p. 21). É tendo por base este fundamento que Fátima e Emílio assumem que a ciência diverge de outras áreas de conhecimento como a arte e a religião. A primeira está relacionada com os ‘gostos pessoais’ e a segunda com crenças ou posições dogmáticas, logo, não questionáveis.

Os professores focaram, também, a mutabilidade, a provisoriedade e o rigor como integrando a natureza do conhecimento científico. As duas primeiras, intimamente relacionadas, advêm da *“ciência esta[r] sempre em mudança”* (GF3_Ta_660) ou do facto de *“em ciência, uma coisa que agora pode ser um ótimo argumento, daqui a pouco... E naquela altura era um bom argumento”* (GF2_AI_145/148). Os professores reconheceram, ainda, nas alterações que têm ocorrido ao nível dos conteúdos conceptuais dos currículos escolares, aquelas características:

455 Emílio (Em) – A verdade é que a ciência que nós temos andado a... a ensinar, tem mudado muito nos últimos anos. Muito mais do que a Química, por exemplo.

[...]

459 Em – Aliás, eu, na faculdade, por exemplo, não fiz nada do DNA que os alunos fazem agora na escola secundária.

460 Investigador – Sim...

461 Tânia (Ta) – Exatamente.

462 Em – Isso é um avanço fantástico em relação à...

463 Fátima (Fa) – A genética mudou por completo.

464 Em – Completamente, não é?

465Fa – A genética que nós... que eu aprendi...

466 Ta– Tínhamos uma cadeira.

467 Fa - ...é agora história, faz parte da história... Pois, não faz parte da genética.

468 Em – É, completamente. (GF3)

O item 12 pretendeu posicionar os respondentes em relação à dicotomia objetividade/subjetividade do conhecimento científico. A maioria da amostra situou-se numa visão alternativa, defendendo a objetividade da ciência, ainda que 23,9% (49) dos inquiridos tenha optado por não se comprometer com um dos pontos de vista ('A=B'), valor que se revelou o mais elevado de entre os sete itens desta secção. Uma possível justificação pode estar relacionada com um conflito entre: (i) aquilo que é a imagem social que um indivíduo vai construindo através de experiências pessoais (através da leitura de livros, notícias da comunicação social, entre outras) e da própria formação académica que, frequentemente, veiculam a aceitação da objetividade científica do conhecimento e (ii) a aproximação a conhecimentos veiculados através de novas perspetivas no domínio da história e filosofia da ciência que têm vindo a consolidar concepções de ciência de orientação pós-positivista, que pode emergir por processos reflexivos, ainda que denotando alguma superficialidade impeditiva de uma mudança epistemológica fundamentada e, como tal, conscientemente assumida.

No item 12, a mediana assume o valor 4 e a amplitude interquartis, o valor 2 ($Q_{1/4}=3$; $Q_{3/4}=5$), revelando uma dispersão da amostra superior à dos itens mais consensuais (11, 13 e 15). A diversidade de posicionamentos face à referida dualidade foi patente no grupo focal. Numa fase inicial da discussão, houve professores que defenderam a objetividade do conhecimento científico. Essa objetividade foi advogada, por Emílio, considerando que esse conhecimento é aceite e partilhado por todos, tal como se pode denotar a partir da seguinte citação:

Eu acho que toda a ciência deve ser objetiva, ou seja, deve ser igual para qualquer pessoa que pensa nela. Eu, a arte, por exemplo, acho que... é subjetivo, não é? Também tem a ver um bocado com a estética e tem a ver com o gosto de cada um. Acho que a ciência não... não... não deve ter esse caráter, penso eu. (GF3_Em_338).

Esta afirmação de Emílio é coerente com o seu posicionamento anterior, quando demarcou a ciência da arte, por esta se basear nos gostos individuais. Há, aliás quem tenha estabelecido a objetividade como balizadora dos domínios científico e não científico, como foi o caso de Tânia quando referiu *“Eu acho que a ciência é tudo... desde que não seja subjetivo”* (GF3-Ta_388). Ilda, ainda que tenha defendido a objetividade do conhecimento científico, reconheceu que *“a objetividade pura não existe, não é? Nós*

procuramos a objetividade, mas há sempre uma subjetividade inerente àquilo que nós julgamos como objetivo” (GF3_II_577). Esta professora parece ter assumido um certo desconforto ou conflito, entre aquilo que julgou dever ser a ciência e aquilo que efetivamente considera que é. Por um lado, revelou ter consciência de que o conhecimento científico está dependente de consensos racionalmente alcançados e, como tal, não é garantidamente objetiva, mas defende a objetividade como um atributo identitário do empreendimento científico. Numa tentativa de justificar a sua resposta no questionário que, segundo a professora, *“nunca seria de certeza a B, o conhecimento científico é objetivo”* (GF3_II_579), Ilda viu-se na obrigação de clarificar as suas ideias em relação a este assunto, tendo afirmado:

Porque grande parte... nós próprios estamos imbuídos... (*sorrisos*) apesar de olharmos com os nossos olhos, não vemos só o que os nossos olhos veem, há uma parte que passa... quer dizer, há uma interpretação racional da coisa e a nossa interpretação racional é afetada por muitas outras coisas que podem... influenciar... (GF3_II_581).

Num momento posterior, Ilda pareceu associar a objetividade a uma perspectiva verificacionista de ciência, quando avançou com o comentário seguinte:

la fazer uma pergunta, se a objetividade em ciência também pode ser encarada como aquela coisa de alguém poder reproduzir algo... por exemplo, numa atividade experimental, quando nós tentamos... descrever o protocolo ou qualquer coisa assim, a objetividade poderá ou não se entender com isto? Outra pessoa pegar naquela informação e a poder... reproduzir (GF3_II_618).

Parece que para Ilda a ciência é tão mais objetiva quanto maior for a probabilidade de ensaios experimentais repetidos gerarem os mesmos resultados, de preferência quantitativos, o que se aproxima de uma conceção tradicional de ciência, ao relacionar a objetividade com a existência de um “método linear e único de se chegar à verdade científica” (Cachapuz, Praia, & Jorge, 2002, p. 50). Para Ilda, em ciência recolhe-se informação que tem de ser *“mensurável de algum modo”* (GF3_II_309), tendo a professora salientado, conjuntamente com Emílio e Telma, que a quantificação é uma característica que assevera a objetividade e a cientificidade do conhecimento. Esta professora defendeu, também que em termos do ensino das ciências não se deve discutir este assunto, pois

eu própria, apesar de dizer aquilo que eu disse, eu tento passar aos meus alunos a necessidade da objetividade. Porque não acho que seja para miúdos daquela idade, que nós nos vamos pôr a falar nessas coisas, por isso insisto bastante nisso, a ciência, especialmente quando é para fazer observações, que sejam objetivos. O que é que veem aí e sejam o mais objetivos possível. (GF3_II_693).

Ilda considerou que a abordagem deste assunto em aulas de ciências não é adequada, parecendo rechar que se possa comprometer a credibilidade da ciência perante os alunos. A professora equiparou a objetividade ao rigor com que se fazem as observações, pretendendo que os alunos não comecem a *“inventar coisas”*. Desta forma, considerou que devemos defender *“a objetividade da ciência com os alunos e... e que temos que ser objetivos, eu tenho a noção de que essa objetividade é relativa”* (GF3_II_705). Emílio, num momento posterior, acabou também por refletir sobre este assunto, em conjunto com Ilda e Fátima:

643 Emílio (Em) – Se calhar, nós passamos a ideia de que ela [a ciência] é mais objetiva do que o que ela, de facto, é. Quando fazemos montagens das quais fazemos os alunos tirar conclusões e que são coisas, tipo, a receita culinária que se faz lá em casa (sorrisos), não é? Se calhar, fazemo-los acreditar numa ciência...

[...]

648 II – Nós vendemos a ideia de objetividade, temos a noção de que ela não existe cem por cento, mas acho que a vendemos muito.

649 Fátima (Fa) – Mas eu acho que tem de ser vendida mesmo.

650 II – Eu também acho.

651 Investigador – Diga, Fátima.

652 Fa – Eu acho que tem que ser vendida, mesmo assim acho que tem de ser vendida porque, uma coisa é a gente não conseguir...

653 Em – A gente não vende, dá. (risos) (GF4)

Uma posição mais próxima da visão consistente foi apresentada por Hélder, ao defender o carácter subjetivo ligado à interpretação de fenómenos geológicos:

A Geologia acaba por ter, às vezes, uma subjetividade. Há várias interpretações para os mesmos fenómenos. Eu lembro-me, por exemplo, da geologia de Portugal, era terrível porque havia uma professora aqui da faculdade, que dizia que tinha acontecido não sei o quê e outro dizia que não era assim, um bocado... pode haver várias interpretações (GF3_He_339).

Posteriormente, Hélder voltou a reforçar esta sua ideia ao afirmar que *“eu, sinceramente, eu acho que a Geologia pode ser muito subjetiva e... e como há muitas teorias para explicar, se calhar, várias... vários factos... eu senti um bocado essa subjetividade”* (GF3_He_668). Hélder atribuiu características de subjetividade ao conhecimento científico, exemplificando-a no contexto da Geologia, porventura fruto da sua formação académica mais aprofundada nesta área do conhecimento ou devido à natureza eminentemente narrativa e histórica e menos experimental dessa ciência, se comparada, por exemplo, com a Biologia. Este professor trouxe para discussão uma perspetiva relevante em termos da dualidade objetividade/subjetividade quando referiu a possibilidade de interpretação de um mesmo fenómeno seguindo teorizações diferentes,

atribuindo a validação do conhecimento a uma autoridade na respetiva área do conhecimento. Mais do que discutir acerca da objetividade do conhecimento científico parece adequado falarmos de um processo de partilha intersubjetiva que permite deslocar a discussão para a obtenção de consensos. Aliás, Emílio foi, também, um dos professores que acabou por referir a concertação de posições, assumindo ser este o seu entendimento acerca da objetividade em ciência,

A objetividade também está nas teorias que são aceites pela comunidade e que são aquelas que são utilizadas para tentar explicar algumas das coisas que, hoje em dia, ninguém tem a certeza absoluta, mas que a comunidade científica pensa que é assim, que é a forma mais certa de pensar e que todas as pessoas pensam da mesma forma ou da forma mais... mais estudada ou que tem maior sustentação ou para a qual se fizeram recolha de evidências... mais fiáveis, não é? Portanto, não é qualquer coisa que eu possa pensar de uma maneira completamente diferente do... do outro que está ao meu lado, não é? Há qualquer coisa que estabelece... (GF3_Em_392).

O papel dos factos, das teorias, dos modelos e das leis na construção do conhecimento científico foi outro aspeto que abordámos em relação à análise das conceções dos professores sobre a natureza do conhecimento científico. Autores como McComas e colaboradores (2000) referem que os professores podem “compreender o modelo atómico, a lei de Boyle, a teoria da evolução, mas podem não entender o que uma lei, teoria e modelo significam na disciplina de ciências” (p. 12). Tal como tem sido exposto por diversos investigadores (Hodson, 2009; Settlage, & Southerland, 2007; Williams, 2011), muitos docentes de ciências não possuem noções claras acerca daqueles conceitos.

Na Tabela 18, apresentamos algumas das citações proferidas pelos professores, que denotam algumas das suas conceções relativas a modelos, teorias e leis. Da discussão ocorrida no grupo focal podemos verificar que: (i) para os professores há uma hierarquia entre as diferentes tipologias de conhecimento científico; (ii) são as leis que possuem o estatuto científico mais elevado, tendo um carácter de ‘verdade’ ou ‘certeza’; (iii) vários docentes admitiram não conseguir diferenciar teorias de leis; (iv) as teorias correspondem ao tipo de conhecimento científico mais abrangente; (v) os modelos são conceções abstratas, que resultam do pensamento criativo dos cientistas, podendo não ser reais.

Em relação a (i), alguns professores defenderam que o conhecimento científico se desenvolve a partir da criação de modelos que facilitam a elaboração de teorias e culminando em leis. Ainda assim, houve quem assumisse que nunca tinha refletido sobre o assunto e afirmasse, como referido em (iii), que desconhecia a diferença entre o papel de uma lei e de uma teoria em ciência.

Tabela 18

Algumas citações proferidas no grupo focal sobre as tipologias do conhecimento científico

Tipologias de conhecimento científico	Citações
Modelos e teorias	<i>O modelo é uma coisa que tenta fazer a demonstração de uma determinada teoria (GF3_Em_470). [a teoria de tectónica de placas] reuniu várias informações e tentativas de explicação de vários fenómenos que se observavam, reuniu numa só teoria... mas, se calhar, noutros âmbitos é diferente, a teoria surgiu antes e o modelo tentava explicar, não sei (GF3_Il_498).</i>
Modelos	<i>Um modelo é a concretização de uma ideia, pode não ser real (GF3_Fa_478). Um modelo é uma maneira de, se calhar, sustentar uma teoria, não é? Se calhar, de facilitar a compreensão da teoria (GF3_He_484).</i>
Leis	<i>[as leis] são as bases, as estruturas básicas (GF3_Fa_490). ... só por fim é que vem a lei (GF3-Ta_402). ...a lei deve ser uma coisa muito generalizada. Qualquer coisa que está assim muito certa. (GF3_Em_418).</i>
Leis e teorias	<i>...da teoria passa-se à lei (GF3_Al_417). [as leis] demonstram as teorias (GF3_Em_491)</i>
Modelos e leis	<i>O modelo tem de obedecer [a determinadas leis] (GF3_Il_487)</i>

Às leis foi atribuído um estatuto superior quando comparadas com os modelos e as teorias, atendendo ao seu grau de generalização. Os professores mencionaram, ainda, que as leis permitem definir o grau de cientificidade de uma disciplina, isto é, quanto mais leis deterministas (McComas, 2000) existirem no âmbito de um campo de estudo mais científico ele é, tendo sido dado como exemplo o caso das áreas da Física e da Química, que os docentes designaram como ‘ciências duras’. Segundo este ponto de vista, a Biologia e a Geologia serão ‘menos científicas’ se comparadas com aquelas disciplinas, atendendo a que têm ‘poucas leis’, nas palavras de alguns participantes, que assumem, nestas disciplinas, um carácter mais probabilístico (McComas, 2000).

Estes resultados evidenciam que os professores possuem ideias confusas e uma baixa compreensão da estrutura do conhecimento científico. Não destacam o papel fundamental das teorias enquanto elementos essenciais das áreas científicas, que determinam “os problemas a investigar, as metodologias a desenvolver e os referenciais para avaliar os resultados da investigação” (Cahapuz, Praia, & Jorge, 2002, p. 66). Parecem

ignorar a centralidade das teorias no desenvolvimento do conhecimento (Duschl, 1997), com carácter explicativo, sobrevalorizando o papel das leis que se limitam “à descrição de padrões comuns do mundo físico” (Settlage, & Southerland, 2007, p. 200). Existem, também, algumas concepções erróneas sobre a função dos modelos científicos, particularmente quando os subjugam às teorias. Contudo, os modelos procuram ter uma função explicativa e preditiva, tal como as teorias, tendo por finalidade simplificar sistemas que apresentam grande complexidade (Williams, 2011).

O item 14 apresenta duas alternativas bem distintas quanto à produção do conhecimento científico. Por um lado, na visão alternativa, encontra-se uma afirmação que se enquadra numa perspetiva que diversos autores, entre os quais Cachapuz, Praia e Jorge (2002), intitulam de realismo ingénuo. Segundo essa imagem de ciência, as ideias científicas são fruto da *“reprodução precisa da natureza, fazendo tábua rasa de todo o processo de idealização e de imaginação criadora necessariamente presente na construção do conhecimento científico”* (p. 50). Por outro lado, na visão consistente, os conceitos correspondem a construções mentais que se edificam no quadro de um determinado sistema teórico, socorrendo-se do pensamento criativo.

Quase metade dos respondentes ao item 14 – 49% (99) – enquadraram-se numa visão alternativa, ou próximo dela. No entanto, este foi o item onde houve maior dispersão na distribuição da amostra, sendo o intervalo interquartis de valor 3 ($Q_{1/4}= 2$; $Q_{3/4}= 5$), idêntico ao valor da mediana ($m=3$). A maioria dos participantes do grupo focal surpreendeu-se com os resultados do questionário em relação a este item, considerando que os conceitos são produto do pensamento e que não são estruturas do conhecimento pré-existent e disponibilizadas pela natureza para serem descobertas. Em seguida, citamos algumas das expressões utilizadas pelos professores ao defenderem o ponto de vista consistente:

O conceito de espécie é sempre criado pelo Homem (GF4_Fa_63).

É evidente que é o [ponto de vista] ‘A’ porque foi o Homem que refletiu sobre estes assuntos e determinou determinadas regras que fez com que quem tivesse aquelas afinidades passasse a ser daquela [espécie] (GF4_Il_68/70).

[Os conceitos] são sempre criados pelo Homem, são sempre... são sempre produto do Homem. Não há nenhuma... basta ser um conceito, é criado pelo Homem... estão sempre sujeitos ao escrutínio do Homem e sempre sujeitos a serem postos em causa (GF4_Fa_83).

Telma foi a única docente que expressou uma posição mais condizente com o ponto de vista alternativo. Segundo esta docente, ‘espécie’ define-se como o único

agrupamento taxonómico natural, pelo que terá mais sentido lógico que se considere como ‘uma característica inerente à vida na Terra’. No entanto, nas interações que transcrevemos em seguida, Emílio procurou persuadir Telma para a visão oposta, tentando convencê-la de que se trata de um constructo e não de um produto da natureza:

42 Emílio (Em) – Para mim, na minha perspetiva, está muito claro que o conceito de espécie foi criado pelo Homem. É uma coisa... é produto do Homem, não é produto da natureza.

43 Telma (Te) – Mas quando tu vais ao conceito de espécie...

44 Em – Para mim é claro.

45 Te – ...dizes que, no fundo, é o único... agrupamento natural.

46 Em – Sim. E porque é que nós dizemos que o conceito que está...

47 Fátima – Mas isso não é universal.

48 Em – ...não é aplicável a todo o tipo de espécimes que existem...

49 Te – Claro que não, claro que não.

50 Em – Porque não é natural! Porque é construído pelo Homem e, portanto tem, algumas das suas, dos seus princípios que não se pode aplicar a todos os espécimes existentes.

51Te – E, e daí haver tanta... tanta... pelo menos, em relação a alguns casos é... é, ou, se calhar, a todos, é muito difícil, às vezes, dizer: este é da mesma espécie que... ou não, por exemplo a questão do cão e do lobo, não é? Dos cães e dos lobos...E... e tu vês até os dois tipos, não é? Dizem, ambos são *Canis familiaris*, mas... ah, *Canis lupus*... mas pertencem a subespécies diferentes e há outros que consideram como espécies diferentes, que dizer, é... é... é, se calhar, estas duas, estas duas afirmações, realmente, se calhar, nenhuma delas é... é absoluta, não é? (GF4)

Da análise das interações percebemos que Emílio procurou clarificar a expressão ‘agrupamento natural’ que habitualmente se atribui ao conceito de ‘espécie’, sublinhando que este é construído pelos humanos e que nem sempre se pode aplicar a todos os espécimes existentes, precisamente por que não é ‘natural’. Telma pareceu ceder, refletindo sobre a artificialidade do conceito, exemplificando-a através das relações de parentesco entre cães e lobos, que estão envoltas em alguma polémica que transparece em estudos de sistemática, havendo autores que defendem que pertencem a espécies distintas, *Canis lupus* e *Canis familiaris*, enquanto outros referem que os cães são uma subespécie, *Canis lupus familiaris*, com origem ancestral no lobo cinzento - *Canis lupus* (Nowak, 2003). No entanto, na parte final da transcrição, ao referir que “se calhar, estas duas, estas duas afirmações, realmente, se calhar, nenhuma delas é... é absoluta”, assumiu uma posição de não comprometimento com qualquer dos pontos de vista.

Na tentativa de encontrar fundamentos para a inclinação de respostas do questionário em prol da visão alternativa, os professores avançaram com razões várias, entre as quais: (i) pouca atenção ou reflexão acerca do conteúdo das afirmações a que correspondem os dois pontos de vista ‘A’ e ‘B’, (ii) a utilização numa das frases do termo

‘inventado’ e (iii) concepções dogmáticas de ciência dos respondentes. Emílio, ao apresentar, o motivo exposto em (i), referiu que a expressão ‘é completamente independente da forma como os cientistas pensam’ não tem “*qualquer sentido, não é? Assinalar uma coisa, uma frase que diz isto, eu acho que não se está a refletir sobre a resposta, penso eu*” (GF4_Em_100). Ilda defendeu que pode ter existido uma rejeição ao termo ‘inventado’ que está incluído na afirmação do ponto de vista consistente. Isso associado à pouca reflexão de quem responde a questionários pode ter contribuído para a distribuição final da amostra. Já Fátima considerou que “*as certezas são mais fáceis que as dúvidas, do que achar que tudo foi construído, inventado pelos cientistas, é difícil*” (GF4_Fa_120). Emílio contrapôs que os inquiridos são docentes de ciências do ensino secundário pelo que não deveriam ter esses posicionamentos dogmáticos. No entanto, Fátima concluiu, afirmando, que “[*os professores de ciências*] *não são assim diferentes (sorrisos), não são assim, se calhar, tão diferentes*” (GF4_Fa_124), referindo-se às concepções sobre ciência, socialmente difundidas, que os professores aceitarão sem questionar. Parece-nos que a rejeição em torno da visão consistente poderá também estar associada à não valorização, por parte dos docentes, da importância da criatividade na construção do conhecimento (Settlage, & Southerland, 2007). Ainda que o termo ‘inventado’ possa ser conotado com ‘falso’ ou ‘embuste’, consideramos que no contexto em que foi utilizado apela antes a uma relação com o ‘imaginário’ e o ‘criativo’. A criatividade é intrínseca à natureza da ciência (Abd-El-Khalick, 2006; Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007; Garcia-Carmona, 2002; Lederman, 2006; McComas, 2000). É não só necessária à formulação de questões, de hipóteses, no desenho das atividades experimentais e de investigação, mas também na interpretação de dados, na construção das teorias e no desenvolvimento dos conceitos (Lederman, & Stefanish, 2006). No entanto, o papel da criatividade em ciência é, habitualmente, menosprezado por alunos e professores (Abd-El-Khalick, 2006; Lederman, & Lederman, 2012), pelo que perante o termo ‘inventado’, os professores poderão ter desconsiderado o ponto de vista consistente, conforme foi defendido por Ilda.

Para além de um olhar mais direcionado para uma dimensão internalista do empreendimento científico, na análise de questões relativas à natureza do conhecimento científico, surgiu no grupo focal uma discussão que fez emergir concepções dos professores sobre as relações entre ciência e sociedade. Segundo Santos (2002), “questões éticas e de valores sociais, implicações do público leigo e da perceção da ciência como uma instituição

social são hoje abordadas como dimensões relevantes do conhecimento científico” (p. 64). Foi, nesta perspectiva que os participantes discutiram acerca das relações entre ciência e sociedade.

Os interesses económico-sociais têm, segundo os docentes do grupo focal, uma forte influência sobre os percursos da investigação científica. Emílio abordou a pressão para a produção da vacina para doenças como a Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (S.I.D.A.) ou para o cancro. Segundo este professor, as verbas destinadas pelos Estados a projetos de investigação regulam os trajetos seguidos pela ciência. De acordo com os docentes, através da influência da sociedade, representada pelo financiamento concedido pelas agências governamentais à ciência, determinam-se as áreas de investigação prioritárias e as que têm menor interesse social e económico.

Com a finalidade de reforçar essa vertente na construção do conhecimento científico, Fátima valeu-se de uma controvérsia em torno de estudos relativos ao aquecimento global, ocorrida em novembro de 2009 e internacionalmente conhecida como *Climategate*, para justificar a sua opinião,

... estava-me a lembrar da... daquela controvérsia que houve com as experiências sobre o aquecimento global e a manipulação dos dados e a descoberta de que realmente aquilo não foi nada assim (*sorrisos*), os resultados não... foram mal interpretados porque... era preciso que fossem assim... exatamente, portanto, é evidente que há muitos interesses, a nível da ciência. (GF4_Fa_297/299).

No breve relato que fez, Fátima sublinhou a manipulação de dados para favorecer o ponto de vista que defendia uma origem antropogénica para as alterações climáticas. Ao afirmar “...*era preciso que fossem assim...*”, a professora pretendeu dar a entender que os resultados de investigações podem ser adulterados em função de interesses de quem financia os estudos científicos. Sem querermos menosprezar as pressões externas à ciência, no contexto da questão abordada por Fátima, consideramos, no entanto, que a controvérsia foi, em parte, determinada por fatores internos da ciência, no que Ziman (1994) designa como sociologia interna, contexto que se revelou omissos no discurso da professora, atendendo a que a polémica mencionada, envolveu equipas de investigadores em torno da problemática do aquecimento global.

Emílio considerou, também, que em situações onde há argumentos que sustentam perspectivas distintas, acabam por prevalecer as posições de quem tem maior poder económico,

A teoria não está alicerçada em evidências e em situações que constroem a argumentação? Quer dizer, o problema depois é quando existem vários tipos de... de evidências e de argumentação e depois, em vez de prevalecer aquela que, se calhar, é mais válida, prevalece aquela que tem mais valor económico, não é? (GF4_Em_506)

De acordo com este professor, a pressão atual que os grupos económicos exercem sobre a ciência, ao condicionarem os resultados de diversos estudos, foi, em épocas passadas, exercida pela religião. Alcina partilhou desta posição com Emílio, concordando, ainda, com Hélder de que o poder religioso se tem refletido menos, na atualidade, sobre a ciência. Parece-nos que há, nestas considerações, alguma tentativa de procurar legitimar a ação social sobre a produção do conhecimento científico, recorrendo a analogias com as limitações e influências que, durante vários séculos, a igreja procurou impor junto dos cientistas. Consideramos, porém, que o papel da influência da religião e da sociedade sobre a ciência apresentam uma natureza dissemelhante. Em tempos idos, a igreja disputou com a ciência, a autoridade na procura da verdade, procurando condicionar a substância do conhecimento científico. Já a sociedade pretende que a ciência dê “resposta aos problemas que interessam e que estão na base da inovação que é necessária para competir na Economia do Conhecimento” (Pereira, 2007, p. 277). Desta forma, e de acordo com o mesmo autor, os contextos sociais têm, atualmente, intervenção direta no desenrolar da investigação científica.

4.1.2.2 – Produção do conhecimento científico

A secção B do questionário é constituída por diversos pares de afirmações que se relacionam com a metodologia científica, isto é, com os processos utilizados pela comunidade de cientistas para gerar o saber da ciência. Através da análise dos dados constituíram-se três dimensões no âmbito da subcategoria ‘produção do conhecimento científico’: (i) a observação (ii) o trabalho experimental e (iii) os valores e as técnicas nas opções metodológicas. A Tabela 19 apresenta os principais resultados relativos aos itens do questionário que constam da referida secção – Como se produz conhecimento científico? - e que foram alvo de discussão no seio do grupo focal.

Múltiplas investigações acerca das concepções de professores e alunos sobre a natureza da ciência têm vindo a salientar que aqueles, na generalidade, possuem concepções empiro-indutivistas de ciência e uma visão rígida, isto é, algorítmica, exata, infalível e universal de um suposto ‘método científico’ (Abd-El-Khalick, 2012; García-Carmona, Vázquez, & Manassero, 2011; Gil-Pérez, Fernández, Carrascosa, Cachapuz, &

Praia, 2001), cuja aplicação permite alcançar a ‘verdade’ científica. Os resultados obtidos no item 17 do questionário parecem, aparentemente, contradizer os referidos estudos.

Tabela 19

Síntese de resultados obtidos em itens da secção B, da parte II, do questionário.

Item	Visão alternativa	%	Visão consistente	%
16.	As experiências são importantes em ciência porque permitem provar as ideias como certas ou erradas.	31,5	As experiências são importantes em ciência porque podem ser utilizadas para gerar evidências fidedignas.	28,1
17.	Toda a ciência se fundamenta num único método científico.	19,1	Os métodos utilizados pelos cientistas variam consoante as finalidades da investigação e da disciplina.	72,6
18.	Os métodos utilizados para produzir conhecimento científico são baseados mais num conjunto de técnicas do que num conjunto de valores.	63,3	Os métodos utilizados para produzir conhecimento científico são baseados mais num conjunto de valores do que num conjunto de técnicas.	6,9
19.	A ciência é melhor descrita como um processo de exploração e de trabalho experimental.	40,9	A ciência é melhor descrita como um processo de explicação e de argumentos.	18,2

Uma larga maioria dos respondentes, 72,6% (149) concordou, ou inclinou-se a concordar, com a visão consistente, coerente com a pluralidade metodológica. Do total de inquiridos, somente 19,1% (39) afirmou ter ideias mais próximas do ponto de vista alternativo, que caracteriza a metodologia científica com atributos idênticos aos mencionados anteriormente. A mediana da amostra situa-se no valor 5 (coincidente com o valor da moda) e a amplitude interquartis é de valor 2 ($Q_{1/4}= 3$ e $Q_{3/4}= 5$), o que revela alguma dispersão dos resultados, ainda que ela ocorra fundamentalmente no domínio da perspetiva consistente.

Ao apresentar estes dados aos professores do grupo focal, procurámos identificar as ideias fundamentais que eles possuíam em relação aos processos de produção de conhecimento científico. Os professores consideraram que ‘o’ método científico não existe. No entanto, declararam que há um esquema base que todos os cientistas cumprem e que as práticas investigativas revelam procedimentos rotineiros, ainda que cada cientista adapte esses mesmos esquemas de ação às suas características pessoais, como sublinhou Ilda:

Quer dizer, eu acho que existem algumas rotinas que se aplicam, e depende das ciências, se aplicam de uma forma mais ou menos regular, não é? Mas depois, cada pessoa, cada cientista terá a sua maneira de trabalhar... (GF4_II_194).

Fátima esclareceu em que consiste, para si, esse “*esquema básico*” que os cientistas cumprem, independentemente das áreas científicas de investigação:

Pois, quer queiramos, quer não, é sempre uma questão que se levanta e sempre, depois, alguém que vai tentar perceber como é que se pode fazer para verificar se a questão é, ou não, verdadeira... como... se uma determinada resposta para a questão é, ou não, verdadeira. Essa linha de pensamento, que eu penso que está na base da metodologia científica, qualquer cientista pensa assim... investigação... quero saber algo, quero saber algo... (GF4_Fa_195).

Para Fátima, um processo de investigação tem início com a elaboração de uma questão. No entanto, esta professora não esclareceu como surge a questão e de que forma os investigadores procuram encontrar as referidas respostas tendo, ainda, revelado uma conceção verificacionista do trabalho de investigação ao afirmar que a função da investigação é verificar *“se uma determinada resposta para a questão é, ou não, verdadeira”*, omitindo, também, qualquer menção ao papel da teoria e da criatividade no processo de procura das respostas. Estas conceções, que classificamos de cariz empiro-positivista, foram reforçadas quando os professores realçaram que *“há umas etapas”* (GF4_Te_196), que partem da observação que o cientista faz de fenómenos naturais, espoletada pela curiosidade. No excerto seguinte, encontramos a continuidade da explicitação das diferentes etapas:

203 Telma – E não podes concluir sem interpretar e... não... não é?

204 Fátima (Fa) – Sem experimentar...

205 Tânia – Verificar.

206 Fa – ...Testar hipóteses. (GF4)

Como se pode depreender dos excertos anteriores, os docentes consideraram que há etapas que são comuns a todos os processos de investigação que perpassam a observação, o levantamento de questões, a elaboração de hipóteses e a interpretação e verificação do resultado expectável. Este esquema que, em termos genéricos, equivale ao ‘método científico’ tradicional (Settlage, & Southerland, 2007) pode, segundo os mesmos docentes, sofrer algumas adaptações tendo em conta as áreas científicas e as características psicológicas dos cientistas, conforme Alcina realçou na seguinte intervenção:

Acho que dentro das várias ciências deve haver especificidades e não me quero meter pelas outras porque são campos que eu não conheço tão bem. Este também não conheço muito bem (*sorrisos*) mas... mas dentro da nossa, do que se pode falar na nossa área científica, acho também que não está assim tão estruturadinho como se fazia querer pensar há umas décadas a esta parte. Penso que varia muito de investigador para investigador, da parte psicológica de cada um... (GF4_AI_219)

Ainda que tenham aludido diversas vezes às supostas ‘especificidades metodológicas’ em diferentes áreas do conhecimento, os docentes não souberam

identificá-las e não concretizaram de que forma a componente psicológica de um cientista interfere na construção e implementação do processo investigativo. Apenas revelaram ter a ideia de que o ‘método científico’ não é tão estruturado como habitualmente se pensa e que, dessa forma, é alvo de adaptações que podem passar por “saltar passos”, tal como foi mencionado por Hélder e por Tânia, de quem apresentamos a citação:

Eu acho que pode haver vários métodos, mas eu acho que há um esqueleto, pegando aqui nas palavras da Fátima, ou há, pelo menos, uma ideia condutora, tem que haver uma ideia condutora e que é muito semelhante. Agora, a especificidade, de acordo com as áreas das ciências, isso, acho que pode variar. Mas, agora, na ciência, concretamente aqui na nossa, na Biologia/Geologia... eu acho que há um método. Não, eu acho que pode é não ser rígido, portanto, pode ser mais flexível, o tal saltar etapas... (GF4_Ta_250).

Emílio apresentou uma postura um pouco diferente relativamente aos restantes participantes do grupo focal. Este professor assumiu ter dúvidas sobre a existência de um *“processo que seja comum, [pois], se calhar, há vários”* (GF4_Em_226), ainda que tenha havido uma época em que *“se acreditava que era importante ensinar o método científico”* (GF4_Em_266) que era *“absolutamente rígido”* (GF4_Em_270) e que *“tinha que cumprir aquelas...[etapas]”* (GF4_Em_272). Este professor também disse que o processo de investigação se inicia com uma *“problematização”* a partir da qual surge uma questão, indiciando uma conceção metodológica mais racionalista, por se conceber essa problematização como correspondente a uma conceptualização teórica de um estudo. Estas ideias foram, também, em parte, partilhadas por Ilda, que referiu que os cientistas podem partir do modelo teórico para posteriormente irem em busca de evidências ou de provas, pelo que *“pode ser possível a pessoa raciocinar teoricamente sobre ele [o modelo] e, depois, tentar... encontrar [as evidências que o sustentem]”* (GF4_Il_242). Esta professora concluiu afirmando que os professores têm *“uma visão romântica da ciência porque ela na realidade não é assim”* (GF4_Il_281).

Em relação à observação, que foi destacada como elemento primordial no esboço do processo de investigação – *“é um ponto de partida”* (GF4_Ta_136 e GF4_Il_137) – os docentes revelaram coerência com aspetos discutidos anteriormente em relação às conceções de evidência ou prova científica. Para eles, a observação é orientada ou condicionada pelos constructos teóricos de quem observa. Esta abordagem racionalista da observação foi defendida, entre outros, por Alcina ao afirmar que *“Tem que haver sempre teoria por detrás de uma observação”* (GF3_Al_613) e por Emílio ao referir que *“as observações estão dependentes da construção teórica que temos”* (GF4_Em_151).

A realização de trabalho experimental foi, também, considerada uma etapa fundamental nos processos metodológicos, quer pelos professores do grupo focal, quer pelos respondentes ao questionário. As respostas ao item 16 deste instrumento permitem afirmar que:

(1) para a maioria dos inquiridos, as experiências são utilizadas tanto para provar a veracidade ou falsidade das ideias científicas, como para gerar evidências, atendendo a que 40,4% (82) dos respondentes assinalou a opção 3 da escala, que tem em conta de forma equiparada, os dois pontos de vista;

(2) os restantes inquiridos dividem-se de forma quase equitativa entre as visões alternativa e consistente. Assim, 31,5% (64) dos professores apoiou a visão alternativa e os restantes 28,1% (57), a visão consistente.

Estes resultados indiciam que os professores conceptualizam o papel das atividades experimentais em ciência de formas diversas. Assim, enquanto uns lhe atribuem, numa conceção verificacionista / falsificacionista, a capacidade de poder provar ou refutar ideias científicas, outros veem-nas como forma de recolha de evidências que contribuem para sustentar ideias e outros, ainda, procuram compatibilizar as duas visões. No entanto, se adotarmos uma perspetiva popperiana de ciência (Popper, 2003), as experiências não podem ser utilizadas para provar a veracidade de um enunciado científico, ou seja, a afirmação do ponto de vista alternativo torna-se inviável. Consideramos que uma percentagem relevante de inquiridos revelou possuir imagens de cariz positivista, enquanto a maioria mostrou ter dificuldades em definir o seu posicionamento epistemológico, quanto ao papel do trabalho experimental em ciência.

No item 19, a amostra distribuiu-se, essencialmente, em dois setores de resposta: por um lado, um conjunto de docentes – 40,9% (83) – considerou que a ciência se identifica, essencialmente, com processos de exploração e de experimentação; por outro, um conjunto em termos numéricos idêntico ao anterior, relaciona a ciência, equitativamente, com processos de exploração/experimentação e de explicação/argumentação. Uma minoria – 18,2% (37) – valorizou mais os processos de explicação/argumentação face à exploração/experimentação.

Comparando a dispersão da amostra em relação a estes dois itens, podemos afirmar que há uma maior disseminação de respostas em relação ao item 16 ($Q_{1/4}=2$; $Q_{3/4}=4$) do que no item 19 ($Q_{1/4}=2$; $Q_{3/4}=3$). Isto parece traduzir um menor consenso, entre os professores, em relação ao papel da experimentação nos processos científicos do que

sobre a importância do trabalho experimental comparando-a com outras práticas epistémicas como a argumentação e a explicação, ainda que uma percentagem considerável se tenha revelado indecisa ou tenha apostado em compatibilizar ambos os pontos de vista em confronto nas afirmações do questionário.

Os professores do grupo focal apontaram a imagem social de ciência como responsável pelo peso atribuído pelos respondentes ao trabalho experimental. Segundo Hélder, *“É a ideia predefinida de ciência, do trabalho experimental, o professor de ciências baseia-se no trabalho experimental”* (GF4_He_438). Alcina e Tânia reforçaram esta opinião de Hélder, tendo ressaltado que a ciência se fundamenta na testagem e na verificação de hipóteses, pelo que se justifica o posicionamento dos professores na defesa de que as experiências são usadas para provar as ideias científicas. Já Emílio preocupou-se em justificar a maior concentração de respostas no valor intermédio da escala, no item 19. Para ele, não há dúvida da centralidade do trabalho experimental em ciência, visto que *“os cientistas investigam fazendo dispositivos experimentais”* (GF4_Em_177). No entanto, considerou que os professores têm conceitos pouco clarificados, nomeadamente, de trabalho experimental e de trabalho laboratorial, pelo que *“aquilo que os professores normalmente designam como trabalho experimental, é tudo o que é prática na sala de aula”* (GF4_Em_447). Assim, essa confusão nos conceitos, associada a que a posição intermédia é a mais confortável pois *“mete um bocado as duas coisas”* (GF4_Em_458), poderá ser, segundo aquele docente, também uma razão para a elevada incidência de respostas no valor 3 da escala. Telma procurando encontrar um motivo mais válido que o de Emílio para o mesmo índice de respostas, referiu que *“eu acho que para o meio... para o meio, porque, no fundo, tudo isto é ciência”* (GF4_Te_474). Esta professora encerrou a discussão, com a valorização de todas as práticas científicas mencionadas no item 19, na produção de saberes científicos.

Outro polo de discussão surgiu em torno do item 18. Com ele pretendeu-se compreender se os docentes consideravam que a utilização de determinados métodos está condicionada, ou não, pelos valores ou princípios éticos de um cientista. Através da leitura da Tabela 19 constatamos que apenas 6,9% (14) dos professores preferiram a visão consistente à alternativa, que foi a escolha maioritária na amostra, correspondente a 63,3% (129). Um total de 29,9% (61) dos inquiridos optou pelo valor da escala 3, que representa um não compromisso com qualquer dos pontos de vista, atentando que, neste item, as afirmações relativas a cada uma das visões alternativa e consistente, se podem

considerar antagónicas. Os quantis principais ($Q_{1/4}=1$; $Q_{1/2}=2$; $Q_{3/4}=3$) permitem-nos, ainda, perceber que a amostra se distribuiu fundamentalmente no domínio alternativo, que considera a primazia das técnicas face aos valores, no contexto da opção dos métodos.

Quando se iniciou, no grupo focal, a abordagem aos resultados do item 18, gerou-se alguma discussão sobre o significado do termo 'valores', usado em ambas as afirmações. Fátima questionou o grupo em relação ao entendimento que os restantes elementos tinham sobre esse termo, tendo adiantado várias possibilidades: *"O conjunto de valores aqui, estamos a referir-nos a quê exatamente? Éticos? Medições? Avaliações?"* (GF4_Fa_307/311). Perante esta dúvida de Fátima, Emílio reiterou que pode ter *"havido alguma baralhação deste 'valores', o que significa este 'valores', se bem que atribuir aqui a este 'valores' outro significado do tipo mais quantitativo, não sei se também faria muito sentido"* (GF4_Em_318). Foi, nesta sequência, que surgiu um diálogo entre este professor e Telma, com a finalidade de clarificar o significado daquele termo:

324 Emílio (Em) - O que eu acho em relação àquilo que a Fátima acabou de dizer é que há aqui uma dualidade entre as técnicas e os valores... que, para mim, implicam que, para selecionar uma determinada técnica, existam um conjunto de valores, e, portanto, será mais a técnica que depende dos valores do que os valores da técnica, portanto iria sempre para a 'A'. Mas é agora, porque, se calhar, no fim, na altura...

[...]

326 Telma (Te) - Mas é o quê? Sacrificar, por exemplo, animais? Ou...

327 Em - Por exemplo.

328 Te - É por aí?

329 Em - Por exemplo, não é? Por exemplo.

330 Te - Não optares por uma metodolo... por uma técnica que implique isso?

331 Em - Sim, por exemplo.

332 Te - Eu só estou... estou, estou a pôr a questão nesse sentido de que...

333 Em - Tudo tem a ver com os valores e os princípios... não é? Imagina que os meus princípios morais não me permitem fazer determinado tipo de... de experimentação em seres vivos. Tenho que abandonar essa técnica, tenho que tentar encontrar outra. (GF4)

Dentro do grupo, poucos participantes se posicionaram explicitamente em relação às perspetivas contempladas nas afirmações do item 18, com exceção de Emílio e de Fátima, que se colocaram em pontos de vista divergentes, num momento inicial da discussão. Emílio associou-se à visão consistente, tal como se percebe pelo seu discurso, patente na fala 324, enquanto Fátima abraçou, a perspetiva alternativa, defendendo que os valores podem ser prejudiciais à uniformização da ciência, em termos metodológicos:

Técnicas mais importantes que escolhas, que valores? Porque eu acho que... eu acho que, para além do mais, em ciência, tem que ser uniformizada em termos de... e isto talvez tenha uma

deformação profissional de... de... educacional, de ter aprendido, realmente, que as metodologias científicas tinham aquelas fases todas. É porque, eu acho que, o que eu descubro ou o que eu concluo só tem valor se o outro e o outro e o outro validar (GF4_Fa_323).

No entanto, posteriormente, Fátima reconsiderou a sua posição definindo que '*Os valores são mais importantes*' (GF4_Fa_362), o que revela uma reflexão incipiente e pouco fundamentada sobre este assunto. Esta consideração é sustentada pelo facto da professora ter revelado alguma confusão de pensamento quando voltou a abordar este assunto, acabando por assumir uma posição mais dúbia face ao seu discurso anterior:

Mas o que... o que me parece é que isto é variável, depende um bocado do que eu estiver... do que eu esteja a estudar, se calhar não é taxativo, nuns casos é uma coisa, noutros casos é outra, agora, eu acho que são muito importante as escolhas, são fundamentais mesmo, portanto, as técnicas serão sempre secundárias, agora, o que eu estava a dizer há bocado é um bocadinho diferente, não é... não é que as, que os valores e as escolhas não sejam importantes. Eu acho que são fundamentais, agora, o que eu acho é que nós temos que usar uma técnica ou outra, mas usando uma técnica, qualquer que ela seja, tem que ser validada por outro, quer dizer, não posso eu querer... (GF4_Fa_364).

Outros professores, como Hélder e Ilda, centraram o seu discurso ao nível da necessidade das técnicas serem ajustadas às finalidades da investigação sendo esse o fator que determina a opção metodológica. Estes docentes não se referiram, de forma declarada, à influência dos valores pessoais e culturais dos cientistas no trabalho que desenvolvem.

A maioria dos inquiridos no questionário, bem como alguns docentes do grupo focal, elegeu uma perspetiva que, de certa forma, descompromete a produção do conhecimento dos valores que são inerentes a qualquer atividade humana, como é o caso do empreendimento científico, concebendo os cientistas como técnicos especializados aos quais não é permitido imiscuir valores no trabalho científico. Tal situação pode justificar-se tendo em conta que um dos principais mitos da ciência se relaciona com uma suposta isenção e neutralidade de quem a pratica e da não influência do contexto social, cultural, político e ético em que esse conhecimento se constrói, à qual está também ligado o mito da objetividade científica (Allchin, 1988). Conforme este autor refere "Uma característica fundamental da ciência, tal como concebida pela maioria dos cientistas, é que ela lida com factos e não com valores" (p. 1083). De acordo com esta visão, a ciência constrói-se na ausência da dimensão axiológica (Cachapuz, Praia, & Jorge, 2002, 2004). Ainda assim, um outro conjunto de professores, onde se inclui Emílio, pareceu ter ideias mais progressistas neste domínio considerando que não se pode construir ciência no vazio dos valores pessoais e socioculturais que integram necessariamente as práticas científicas.

4.1.2.3 – Validade e fiabilidade do conhecimento científico

A validade e fiabilidade do conhecimento científico são tidas como características que demarcam a ciência de outros tipos de conhecimento (p.e., popular, religioso), contribuindo para a credibilidade do empreendimento científico. Para análise desta subcategoria emergiram as seguintes dimensões: (1) o papel da comunidade científica; (2) as provas/evidências científicas (3) os erros e enviesamentos.

As afirmações da secção C do questionário apresentam enunciados que abordam pontos de vista diversos sobre a validade e fiabilidade (ou fidedignidade) do conhecimento científico. As que constam da Tabela 20, onde se apresenta uma súmula dos principais resultados, foram discutidas no grupo focal.

Tabela 20

Síntese de resultados obtidos em itens da secção C, da parte II, do questionário.

Item	Visão alternativa	%	Visão consistente	%
22.	O conhecimento científico só pode ser considerado fidedigno se estiver bem apoiado em evidências.	32	O conhecimento científico apenas pode ser considerado fidedigno se os métodos, os dados e a interpretação do estudo tiverem sido partilhados e criticados.	21,2
23.	O método científico pode proporcionar provas inequívocas.	62,1	É impossível reunir evidências suficientes para provar que algo é verdadeiro.	19,7
24.	Se os dados tiverem sido obtidos através de trabalho experimental, podem ser considerados como fidedignos e confiáveis.	21,6	A fidedignidade e a confiança dos dados devem ser sempre questionadas.	50,7
26.	Se uma investigação científica for realizada corretamente, os erros e o enviesamento serão eliminados.	22	O enviesamento e os erros são inevitáveis durante uma investigação científica.	60,6

Através dos resultados constantes da Tabela 20, concluímos que:

(1) a maioria dos inquiridos – 46,8% (95) – considerou que conhecimento científico fiável é o que está bem apoiado em evidências e que foi partilhado e escrutinado por outros. Ainda assim, um grupo considerável de docentes – 32% (65) – inclinou-se para o ponto de vista alternativo, segundo o qual a fiabilidade do conhecimento se cinge à sua sustentação com base em evidências. Este grupo depreciou a ideia de que é a comunidade científica, através de processos de escrutínio, que determina o que é considerado conhecimento válido e fiável em ciência. Parece-nos que aquela visão é irreal, simplista e

limitadora de uma concepção de ciência enquanto empreendimento humano, já que renega o papel da comunidade na construção da ciência;

(2) de acordo com um conjunto relevante de respondentes – 62,1% (126) – o ‘método científico’ é o garante da validade e fiabilidade em ciência, considerando que através da sua aplicação se podem obter provas inequívocas. Pelo contrário, um grupo bastante inferior em termos numéricos, correspondente a 19,7% (40), negou à ciência o atributo de ‘verdade’ ao optarem pela visão consistente, segundo a qual não há evidências, ainda que obtidas por aplicação do ‘método científico’, que permitam sustentar, com toda a certeza, uma ideia científica. Uma vez mais, consideramos que a maioria dos docentes revelou possuir imagens ingénuas ou populares de ciência. Estes resultados parecem-nos colidir, com alguns dos apresentados anteriormente em relação à secção A (itens 10, 11 e 15), uma vez que nestes se apontou, maioritariamente, para uma concepção provisória e tentativa do conhecimento científico, pelo que seria expectável que um grupo maior de professores viesse a optar pela visão consistente no item 23;

(3) a credibilidade dos dados deve ser sempre colocada em questão, de acordo com 50,7% (103) dos inquiridos. Apenas 21,6% (44) considerou os dados científicos como fidedignos e confiáveis, desde que tenham sido obtidos através de trabalho experimental, dispensando a necessidade do seu escrutínio;

(4) 60,7% (124) dos respondentes aceitou que a investigação científica contempla erros e enviesamentos, ao contrário de 22% (45) que não os admite, desde que a investigação seja realizada corretamente.

Dos quatro itens presentes na Tabela 20 é no primeiro (item 22) que a distribuição da amostra se apresenta menos dispersa uma vez que o intervalo interquartis assume o valor 1 ($Q_{1/4}=3$; $Q_{3/4}=4$). Daqui podemos inferir que os docentes atribuíram grande relevância às evidências enquanto garante da credibilidade do conhecimento e ignoraram, com frequência, o papel de partilha e crítica da comunidade científica, enquanto garantia dessa mesma credibilidade. Em relação aos restantes itens, a dispersão da amostra foi maior mas, ainda assim, de valor 2, com os quartis a variar entre um dos extremos da escala (1 ou 5) e o valor intermédio (3), o que, por si só, indicia alguma coerência da amostra quanto à tendência de resposta para a visão alternativa ou consistente.

Os professores do grupo focal pronunciaram-se sobre o significado de ‘conhecimento válido e fidedigno’. Os docentes não distinguiram estes dois conceitos, tendo referido somente, durante a discussão, o termo ‘validade’. Para Alcina, o

conhecimento científico é válido *“quando se obtém os resultados que se pretendia obter, quando eu vou observar aquilo que queria observar”* (GF4_AI_514). Esta afirmação da professora, que sublinha o papel confirmatório ou ilustrativo das experiências, face a hipóteses prévias (Cachapuz, Praia, & Jorge, 2002), foi posteriormente esclarecida por Alcina, pois outros elementos do grupo acharam estranho que os resultados que não correspondam às expectativas não possam ser considerados válidos. Desta forma, Alcina retificou a sua afirmação, tendo considerado que o conhecimento é válido quando as respostas que se obtêm são adequadas às perguntas, *“porque, às vezes, faz-se as perguntas e sai ao lado!”* (GF4_AI_518). Numa outra ótica sobre este assunto, Fátima afirmou que o conhecimento científico é válido se houver *“concordância da maior parte das pessoas que estudaram o problema”* (GF4_Fa_544). Fátima considerou que é o grupo restrito da comunidade científica que investiga um mesmo assunto que confere validade a esse mesmo conhecimento, realçando aspetos de sociologia interna do empreendimento científico (Ziman, 1984).

Salientando, também, o papel da comunidade científica no estabelecimento da credibilidade do conhecimento científico, Alcina considerou que os encontros entre os seus membros são fundamentais para promover o debate em torno de opiniões distintas:

Se realmente eles [os encontros científicos] existem e são habituais, eu acho que é importante para eles, entre a comunidade científica poderem debater, fazerem a tal argumentação científica. Quando [o conhecimento] sair cá para fora, pronto... para ver as várias opiniões entre eles (GF4_AI_481).

Assumindo uma posição racionalista, Emílio, também, defendeu a necessidade da comunidade científica reunir e debater os assuntos científicos:

Então, mas se cada... se cada cientista ou cada investigador faz as coisas de acordo com os seus constructos pessoais, é bom que haja debates para depois cada um apresentar a forma como viu e interpretou as coisas e juntarem tudo para chegarem à dita... à dita teoria, ou encontrarem o dito consenso em relação à produção do conhecimento científico, não é? (GF4_Em_487)

Ilda trouxe à discussão a necessidade da crítica e da avaliação nesse processo de validação do conhecimento, como se comprova a partir da seguinte citação:

Estou-me a lembrar daqueles... quando se publica, quando um cientista faz qualquer coisa e tem que publicar aquilo, não é, ele tem que argumentar muito bem para os seus pares revisores do *paper* aceitarem, ou não, aquilo que ele está a dizer. (...) Acho que a ciência passa muito por isso, avaliação pelos outros tem que estar baseada numa argumentação, não é... (GF3_Il_646).

A comunidade científica desempenha, portanto, papéis fundamentais na credibilização do conhecimento, segundo os docentes: (i) um papel crítico, ao questionar o trabalho científico realizado pelos seus membros e de (ii) tomada de decisão sobre a validade do conhecimento científico. Em seguida, transcrevemos um excerto onde os professores se referiram a estes aspetos:

- 571 Investigador - Muito bem, e qual é que é o papel da comunidade científica nesta mesma validação? Já falámos um bocadinho nisso mas...
- 572 Fátima (Fa) – É um papel crítico, um papel...
- 573 Hélder – Questionar, não é?
- 574 Fa – Questionar.
- 575 Emílio (Em) - Às vezes, até é um bocado polémico, porque em relação a algumas coisas pode não considerar válido quando é.
- 576 Fa – Pois, às vezes há...
- 577 Em – Houve épocas em que isso aconteceu, não é?
- 578 Telma – E se calhar...
- 579 Eduardo – E, se calhar, continua a haver.
- 580 Tânia – Continua a haver, pois. (GF4)

Esta transcrição é, também, interessante pelo facto dos professores considerarem a falibilidade das decisões da comunidade científica. Emílio referiu a possibilidade de a comunidade não validar conhecimento, quando o deveria fazer, pelo que pode prevalecer o erro, salientando a componente humana na natureza da ciência.

Diversos professores mencionaram que para que o conhecimento científico seja considerado válido, pela comunidade de cientistas, tem de estar sustentado em evidências, tal como discutimos anteriormente:

- 547 Emílio (Em) – Ou seja, ou que tenha um conjunto de evidências mais fortes...
- 548 Fátima (Fa) – Exato, baseado nas evidências.
- 549 Em - ... para sustentar aquela, aquela teoria ou aquela...
- 550 Fa – Desde que haja concordância...
- 551 Em – Exatamente.
- 552 Fa - Desde que haja concordância, portanto, se toda a gente concordar, tudo bem, é válido.
A partir do momento em que surgem novas evidências que promovem o desacordo, é evidente que deixa de ser válido, portanto, lá está... (GF4)

Fátima parece adotar aqui uma posição epistemológica de tendência popperiana, ao aludir a ‘novas’ evidências que podem promover o desacordo e invalidar conhecimentos anteriormente aceites, ou seja, tendo a propriedade de os refutar.

De acordo com os argumentos apresentados, parece que no grupo focal, os professores viram a questão da credibilidade do conhecimento científico segundo dois ângulos: por um lado, valorizaram a necessidade do conhecimento científico estar bem

apoiado em evidências, ideia que reflete uma tendência epistemológica de cariz empirista; por outro, reforçaram a importância do papel crítico da comunidade científica na avaliação da qualidade desse conhecimento, o que denota alguma consideração pela dimensão sociológica interna da ciência, característica de correntes pós-positivistas.

Os erros e enviesamentos fazem parte da atividade científica, de acordo com as afirmações dos docentes. Fátima avançou com uma justificação para tal:

... uma vez que é dum sujeito que... que... que as leituras são feitas por um sujeito e... e pode estar errado, pode estar... a ver mal a coisa, portanto... estar a dar mais peso a uma coisa do que a outra, estar a esquecer... (GF4_Fa_631).

No entanto, segundo Emílio, os erros e enviesamentos cometidos são minimizados pelo controlo realizado pela comunidade científica: *“Mas, depois, o que prevalece é a comunidade científica e aquilo que a comunidade científica discute e, portanto, aí todos os enviesamentos são minimizados”* (GF4_Em_636). Com esta declaração, o professor parece querer proteger a ciência da possível subjetividade, optando por centrar nas decisões da comunidade científica um papel regulador que permita minimizar os erros e enviesamentos das investigações, próprios de uma atividade humana. Nesta investida foi, também, suportado por Ilda que justificou, da seguinte forma, quer os resultados do questionário, quer a afirmação do seu colega de grupo: *“E também, a ciência não... não é objetiva cem por cento, não é? É mais objetiva... do que outras áreas, mas tem sempre implícita uma subjetividade”* (GF4_Il_642).

Queremos, também, ressaltar que ao longo das discussões no grupo focal, foi ignorada a possibilidade de erros e enviesamentos decorrentes do trabalho prático, em particular, do trabalho laboratorial e/ou experimental. Esta situação torna-se ainda mais relevante, se atendermos ao peso que os docentes atribuíram ao papel das evidências ou provas no processo de construção da ciência e da argumentação. Desta forma, situações relativas a erros humanos na leitura de dados, de calibração dos instrumentos, de precisão das leituras ou a ausência de triangulação de dados (Aikenhead, 2004; Gott, & Duggan, 2003; Taylor, 2009; Taylor, & Dana, 2003;), entre outras que, segundo estes autores integram o conceito de evidência científica, foram aspetos omissos no discurso dos professores. É certo que as questões que dirigimos aos participantes não pretendiam, de forma explícita, que fossem referidos estes aspetos nas discussões. No entanto, consideramos que estas dimensões do conhecimento processual são inseparáveis dos conceitos de validade e fiabilidade abordados, pelo que consideramos que, em algum

momento, pudessem ter sido alvo de atenção por parte dos docentes, em particular, quando abordámos a questão dos erros na investigação científica.

4.1.2.4 – Os cientistas e a produção do conhecimento científico

Os itens constantes da última secção, da parte II, do questionário apresentam enunciados sobre o papel que os cientistas desempenham na produção de conhecimento científico. Procurámos identificar concepções dos respondentes sobre ‘como são e o que fazem os cientistas’. Nesta subcategoria foi, ainda, considerada a dimensão de análise – características psicológicas dos cientistas. Em concordância com o que temos vindo a apresentar, em seguida, resumem-se os resultados relativos a cinco itens da secção D – Tabela 21. Tal como para as secções anteriores, apenas incluímos nesta tabela, os itens cujas afirmações foram alvo de apreciação nas discussões do grupo focal.

Tabela 21

Síntese de resultados obtidos em itens da secção D, da parte II, do questionário.

Item	Visão alternativa	%	Visão consistente	%
29.	Para interpretarem os dados recolhidos, os cientistas devem apoiar-se somente na lógica, e devem evitar utilizar a criatividade e os seus conhecimentos anteriores.	6	Para interpretarem os dados que recolhem, os cientistas têm de apoiar-se nos seus conhecimentos anteriores, na lógica e na criatividade.	81,8
30.	Os cientistas são objetivos, pelo que os fatores sociais e as suas convicções não influenciam o seu trabalho.	26,4	Os cientistas são influenciados por fatores sociais, pelas suas convicções e por investigações anteriores.	58,3
31.	Os cientistas bem-sucedidos são mais competentes na utilização do método científico do que os mal sucedidos.	25,2	Os cientistas bem-sucedidos são capazes de persuadir melhor os outros membros da comunidade científica do que os mal sucedidos.	46,1
32.	Dois cientistas (com a mesma competência) que analisem os mesmos dados, irão chegar às mesmas conclusões.	41,2	Dois cientistas (com a mesma competência) que analisem os mesmos dados, com frequência chegam a conclusões diferentes.	33,3
33.	O que conta como evidência é o mesmo para todos os cientistas.	21,5	As convicções pessoais e a formação de um cientista influenciam o que ele pensa que é relevante como evidência.	61,3

Da análise dos resultados, podemos afirmar que:

(1) apenas em relação ao item 32, a maioria dos inquiridos se posicionou de acordo com uma visão alternativa, apostando na objetividade e semelhança das conclusões de uma investigação, obtidas por cientistas diferentes;

(2) nos itens 29, 30, 31 e 33, a maioria dos respondentes optou por afirmações que se identificam com concepções de ciência de cariz pós-positivista, nas quais se sustenta

que os cientistas (a) se apoiam nos seus conhecimentos anteriores e na criatividade para a interpretação dos resultados; (b) decidem o que pode ser aceite como ‘evidência’ e que evidências se podem utilizar para justificar uma explicação; (c) são influenciados, na sua atividade, por fatores de ordem social ou cultural e (d) utilizam meios persuasivos para convencer os pares da validade das conclusões dos seus estudos;

(3) os inquiridos revelaram maior indecisão em optar por um dos pontos de vista nos itens 31 e 32, uma vez que foi nestes que a percentagem de respostas correspondente ao valor 3 da escala foi superior, quando comparada com a dos restantes itens. Enquanto em relação ao primeiro daqueles itens, a resposta pode indiciar que, para 28,3% (58) dos inquiridos, os cientistas utilizam o ‘método científico’ na procura de respostas para os problemas de investigação e recorrem à persuasão na partilha dos estudos com a comunidade científica, atribuindo a ambos os processos uma equidade em termos de importância relativa; já em relação ao item 32, as afirmações correspondentes aos dois pontos de vista são incompatíveis pelo que, a opção por aquele valor da escala, correspondente a 25,5% (52) da amostra, pode indiciar descomprometimento em relação ao conteúdo das afirmações.

Em termos de dispersão da amostra, o item onde o intervalo interquartis apresenta o valor mais baixo é o 29 ($Q_{1/4}=1$; $Q_{3/4}=2$, com $m=1$), pelo que podemos inferir, tendo em conta este valor e os dados de frequência de resposta apresentados na Tabela 21 que, de todos os itens, este parece ser aquele onde há um maior consenso entre os respondentes. Conjeturamos que tal se possa dever ao facto de a afirmação identificar os conhecimentos anteriores dos cientistas como fundamentais na interpretação de resultados.

O item 30 é o que apresenta uma maior dispersão de respostas, com a amplitude interquartis a assumir o valor 3 ($Q_{1/4}= 1$; $Q_{3/4}= 4$, com $m=2$). Desta forma, parece que os inquiridos mostraram menos consenso em relação à influência de fatores sociais e culturais na atividade dos cientistas, ainda que uma maioria – 58,3% (119) – tenha aceitado, total ou parcialmente, essa mesma influência. Ainda assim, a variabilidade de respostas pode justificar-se se atentarmos na imagem de objetividade e neutralidade da ciência, apontada pela maioria dos respondentes, nos itens 12 (secção A) e 18 (secção B). Para os restantes três itens – 31, 32 e 33 – o intervalo interquartis assume o valor 2 ($Q_{1/4}= 2$ e $Q_{3/4}=4$, nos itens 31 e 32, com $m=3$; $Q_{1/4}= 1$ e $Q_{3/4}= 3$, para o item 33, com $m=2$), pelo que a amostra se distribui de forma mais dispersa do que no item 29 mas, mais

convergente do que no 30. Contudo, a variabilidade de respostas no item 33, faz-se, maioritariamente, nos valores da escala correspondentes à visão consistente.

Para os professores do grupo focal, os cientistas não trabalham isolados do mundo e sofrem influência dos contextos históricos, políticos, sociais e culturais onde se inserem. Este aspeto já foi antes abordado a propósito das relações entre ciência e sociedade, pelo que decidimos, neste momento, apenas ressaltar esta ideia dos docentes acerca da atividade dos cientistas. Já em relação à afirmação 31 do questionário, os professores sublinharam que um investigador deve ser um bom persuasor, no sentido em que deve ter capacidades para elaborar um discurso que convença, nomeadamente os seus pares mas, simultaneamente, não deve relegar a importância das evidências para um plano menor. Como referiu Hélder, *“Quando apresentar a teoria ou os seus dados, se ele não for... não tiver um bom suporte de evidências, também a persuasão não lhe vai valer de muito, não é?”* (GF4_He_767). Estas afirmações são, portanto, coerentes com as que foram produzidas no grupo focal na ocasião da discussão do papel da persuasão no processo de argumentação científica.

Quando incitados a comentar o item 32, os docentes assinalaram que os cientistas desempenham um papel crucial na articulação dos dados, mobilizando a sua capacidade criativa na interpretação dos resultados e nas conclusões, ainda que com respeito pelas evidências científicas. Fátima chegou a afirmar que tudo passa *“pela qualidade dos seus neurónios...”* (GF4_Fa_830), reforçando a ideia de que os investigadores são indivíduos com uma inteligência excecional, na senda da conceção estereotipada já mencionada.

Na categoria ‘concepções sobre argumentação científica’, discutimos as ideias dos docentes sobre os conceitos ‘dados’ e ‘evidências’ ou ‘provas’. A este respeito foi registado que os docentes possuíam noções confusas daqueles conceitos mas que consideravam que aquilo que um cientista entende como evidência não é independente das suas concepções teóricas ou crenças. Desta forma, os docentes do grupo focal mostraram-se alinhados com o ponto de vista consistente descrito no questionário, opondo-se à maioria dos inquiridos. No entanto, detetámos duas vertentes em relação a este ponto. Por um lado, houve quem tenha considerado que se o conceito de evidência está associado a resultados empíricos obtidos no decurso de um estudo então o que deve ser percebido como ‘evidência’ deve ser o mesmo e ter semelhante relevância para diferentes cientistas. Emílio deu voz a esta perspetiva da seguinte forma:

Eu só quero dizer uma coisa muito simples. Como a Telma acabou de dizer, se é uma evidência que fica roxo quando tem amido, porque fica roxo, é uma evidência igual para toda a gente: fica roxo! E, depois, a interpretação que podemos fazer sobre isso... não sei. (GF4_Em_870).

Este professor, referindo-se a uma atividade laboratorial cujo objetivo é a identificação de nutrientes em alimentos, procurou esclarecer que o resultado observável deve ser comum para diferentes observadores, omitindo a sua relação com os quadros conceptuais e teóricos que orientam os cientistas na sua atividade. Outros docentes, como Telma, procuraram defender a ideia de que o que um cientista considera como evidência relevante é influenciado por convicções pessoais e/ou por crenças. A professora procurou explicitar as suas ideias, usando o conhecido estudo de caso de melanismo industrial, ligado à evolução de uma população de borboletas – *Biston betularia*:

Aquela questão relacionada com... com a questão do evolucionismo, fixismo e das teorias... evolucionistas... aquela questão das borboletas, de haver uma predominância de brancas, depois passavam para uma predominância de... não é? Quer dizer, é uma evidência que, realmente, aquela... a frequência daquele fenótipo mudou ao longo do tempo, é uma evidência, mas um fixista olha para isso de uma maneira, um lamarckista, eventualmente diz, “ah não, porque elas apercebendo-se que havia evolução, fizeram um esforço para escurecer ou...” depois fazem logo... (GF4_Te_877).

Consideramos que a professora neste exemplo acabou por não diferenciar a evidência do processo de interpretação, isto é, o que aqui está em causa não é tanto que a evidência considerada não seja relevante em ambos os contextos, mas a forma como ela é interpretada é que varia em função do paradigma, fixista ou evolucionista, pelo qual, supostamente, se rege o cientista.

Ao analisarmos estas e outras interações entre os docentes no âmbito desta discussão, parece-nos que a confusão associada ao conceito de evidência/prova foi determinante na forma como os docentes conceberam a influência que as convicções pessoais e a formação de um cientista têm na decisão de avaliar que dados são relevantes para um estudo. Para os docentes que consideraram que a evidência se cinge a resultados de uma observação ou de uma experiência, a evidência é a mesma e deve ter idêntica relevância para diferentes cientistas; para os que conceberam a evidência como resultante de um processo de interpretação face ao quadro teórico que orienta o estudo, a relevância e o que se considera como evidência pode ser variável, de cientista para cientista. Parece existir aqui uma dualidade no pensamento dos docentes ao associarem a objetividade à observação e aos resultados experimentais e a interpretação desses mesmos dados, que pode adquirir um cunho mais subjetivo. No entanto, há certas contrariedades uma vez que a análise das evidências está impregnada da teoria que orienta o estudo, ou seja, a forma

como se olham os resultados de uma experiência ou observação depende dos constructos teóricos que as orientam. Portanto, tal como a interpretação depende desses mesmos quadros epistemológicos também as evidências se relacionam com eles, existindo um diálogo indissociável entre hipóteses/teorias e experimentação (Praia, Cachapuz, & Gil-Pérez, 2002). Daqui decorre que os cientistas tomam decisões quanto ao que conta como evidência e que evidências utilizar para justificar uma explicação.

Os professores do grupo focal referiram, ainda, que um ‘bom’ cientista é curioso, perseverante ou persistente, rigoroso, criativo e paciente. Foram, igualmente, referidas outras características como a idoneidade e a neutralidade, que nas palavras de Hélder se traduzem em *“Não se influencia com aquilo... com o que o envolve”* (GF4_He_684) ou nas de Fátima por alguém que *“Não se vende”* (GF4_Fa_685). Decorrente desta caracterização, Emílio referiu que *“Se calhar, para ser... para ser assim, tem que ser apolítico”* (GF4_Em_693), ainda que tenha considerado, logo em seguida, que é impossível tal desiderato. Associando os adjetivos referidos para caracterizar a dimensão psicológica de um cientista como algo desfasado da realidade, Alcina desabafou que, a ser assim, estamos perante *“Uma espécie em vias de extinção”* (GF4_Al_687), indiciando que, para esta professora, as características citadas dificilmente se concentrarão num mesmo cientista. Ainda que a imagem social explicitada se afaste do ‘génio isolado’ que o senso comum, bem como professores e alunos, têm dos cientistas, parece-nos que os adjetivos com que os docentes os qualificaram se situam no âmbito de uma imagem estereotipada (Férrandez, Gil-Pérez, Valdés, & Vilches, 2005; Gil-Pérez et al., 2001; Rivero, & Wamba, 2011), consequência provável de uma opinião favorável sobre o empreendimento científico e tecnológico e das características e atividades dos cientistas (Reis, & Galvão, 2007).

Para finalizar a apresentação e discussão dos resultados da categoria ‘Concepções relativas à natureza da ciência’, apresentamos uma tabela final – Tabela 22 – que sintetiza algumas das principais ideias que foram expressas no questionário e no grupo focal.

Tabela 22

Síntese dos principais resultados relativos à categoria ‘Concepções relativas à natureza da ciência’

Subcategoria	Síntese de resultados
Natureza do conhecimento científico	<p>1. O conhecimento científico é:</p> <ul style="list-style-type: none"> • provisório, mutável e rigoroso; • objetivo, sendo, no entanto, de atribuir às concepções teóricas dos cientistas um papel orientador na interpretação dos dados; • hierarquizado, com maior poder de generalização atribuído às leis, que possuem o mais elevado estatuto dentro das diferentes

	<p>tipologias consideradas (factos, teorias, modelos e leis);</p> <ul style="list-style-type: none"> • uma tentativa de descrição e explicação do real, com carácter antidogmático e questionável. <p>2. Os contextos sociais e económicos influenciam e determinam, frequentemente, as linhas de investigação científica, salientando-se, desta forma, as relações que a sociedade estabelece com a ciência.</p>
Produção do conhecimento científico	<p>1. A metodologia científica pauta-se pela pluralidade. No entanto, há etapas que todos os cientistas têm de cumprir, ainda que, em casos específicos, elas possam ser ultrapassadas. Há um esquema base ao qual correspondem procedimentos rotineiros mas com adaptações pessoais durante a ação investigativa;</p> <p>2. A investigação inicia-se com a observação e com o levantamento de questões. As observações são orientadas por constructos teóricos. Ressalva-se a ausência à menção do papel central da teoria e da especulação ou previsão no delinear dos processos de investigação;</p> <p>3. O trabalho experimental é utilizado para testar ideias científicas e para obter evidências que as suportem;</p> <p>4. Há uma associação muito próxima entre ciência e trabalho experimental. A argumentação e a explicação, ainda que sejam práticas científicas a considerar, desempenham um papel menos relevante na construção do conhecimento que o trabalho experimental e exploratório;</p> <p>5. As decisões metodológicas são fundamentadas, principalmente, em pressupostos técnicos e menos em valores ou princípios éticos e identidades culturais dos cientistas.</p>
Validade e fiabilidade do conhecimento científico	<p>1. Conhecimento científico fiável é o que se sustenta em evidências. Ainda assim, a comunidade científica controla a validade e fiabilidade do conhecimento, através do escrutínio dos métodos, dos dados e das interpretações dos resultados dos estudos científicos;</p> <p>2. Através do 'método científico', os cientistas obtêm dados fiáveis e inequívocos, que contribuem para provar que algo é verdadeiro;</p> <p>3. Ainda que os dados sejam obtidos por via experimental, a sua credibilidade deve ser sempre questionada;</p> <p>4. As investigações científicas não estão isentas de erros e enviesamentos, que são minimizados através da vigilância exercida pela comunidade científica. Assim, as reuniões científicas são fundamentais para a discussão de questões que envolvem a validade e a fiabilidade do conhecimento científico.</p>
Os cientistas e a produção do conhecimento científico	<p>1. Os cientistas são indivíduos curiosos, persistentes, rigorosos, criativos, pacientes, idóneos ou neutros e inteligentes.</p> <p>2. Convicções, fatores sociais e formação académica influenciam os cientistas no desempenho da sua atividade.</p> <p>3. Os cientistas devem ser persuasivos nos processos de comunicação com os seus pares, de forma a serem bem-sucedidos. No entanto, não podem descuidar o respeito pela evidência, elemento fulcral na credibilidade dos estudos realizados.</p> <p>4. Ainda que as crenças e a formação de um cientista influenciem o que se pensa que é relevante como evidência, aquilo que se considera como evidência empírica num determinado estudo deve ser comum para cientistas diferentes.</p> <p>5. Os cientistas são objetivos no estabelecimento das conclusões das investigações. Assim, desde que possuam os mesmos dados, cientistas diferentes chegam às mesmas conclusões.</p>

4.1.3 Concepções relativas aos programas de Biologia e Geologia

Para que os professores valorizem e contemplem, nos processos de ensino e de aprendizagem, o desenvolvimento da argumentação científica, afigura-se-nos como essencial, ainda que não suficiente, que os currículos e programas das várias disciplinas incluam a menção ao envolvimento dos alunos em atividades que favoreçam a construção de contextos argumentativos. No entanto, segundo Osborne (2001), os currículos de ciências estão direcionados para a aprendizagem do conhecimento substantivo canónico, não promovendo a construção desse tipo de contextos ao não considerarem a pluralidade de explicações de fenómenos naturais, ao não sublinharem a incerteza do conhecimento que os alunos têm de aprender e por não valorizarem o papel das discussões na aprendizagem.

Considerando que, no caso do contexto português, os atuais programas da área de ciências, do ensino secundário, dos cursos científico-humanísticos indiciam que a argumentação deve ser tida em conta nos processos de ensino e de aprendizagem, considerámos fundamental compreender que ideias tinham os docentes sobre este assunto. Procurámos, assim, perceber como é que os professores avaliavam a importância que é dada nos programas à argumentação científica, se consideravam adequados os conteúdos científicos expressos nos programas para trabalhar a argumentação científica com os alunos e se privilegiavam alguma das áreas disciplinares (biologia ou geologia) como mais favoráveis à construção de contextos argumentativos.

Atendendo aos objetivos contemplados no guião da entrevista relativa à temática em questão (Apêndice VIII), bem como à análise dos dados obtidos, para a categoria em apreço, emergiram quatro subcategorias, conforme se pode verificar a partir da Figura 20: (1) fundamentos, em que se mencionam aspetos relativos aos princípios orientadores na elaboração dos programas; (2) potencialidades e (3) constrangimentos, nas quais são abordados elementos relativos aos programas, que contribuem ou obstaculizam, respetivamente, a construção de contextos promotores do desenvolvimento da argumentação científica e (4) componente de Biologia / componente de Geologia, onde se discutem aspetos que relacionam a argumentação científica com as áreas científicas lecionadas pelos docentes.

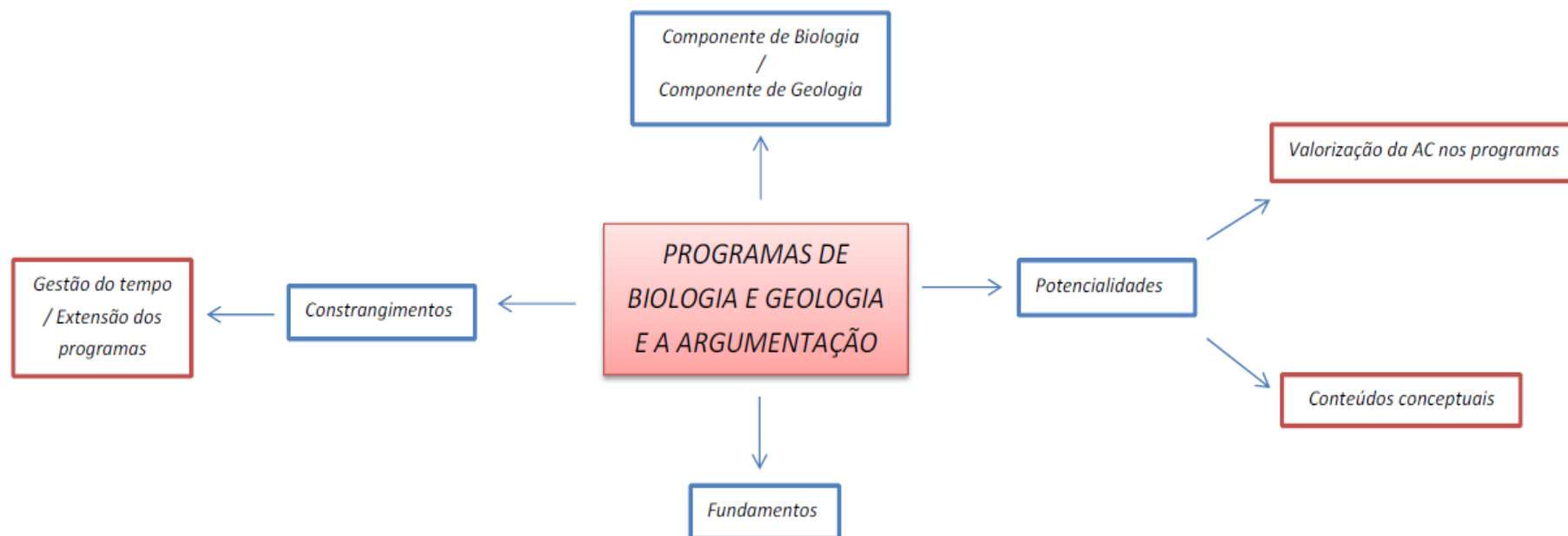


Figura 1 - Mapa semântico relativo ao bloco temático/categoria – ‘Concepções sobre os programas do ensino secundário e a argumentação científica’

4.1.3.1 – Fundamentos

Na abordagem aos princípios que fundamentam a elaboração do programa, identificámos três unidades de registo, o que traduz a pouca significância que esta dimensão teve nas discussões do grupo focal. Essas três unidades, correspondentes a intervenções de outros tantos participantes, surgiram na sequência da análise da valorização que nos programas é dirigida ao desenvolvimento da argumentação científica pelos alunos.

Para Alcina, os programas do ensino secundário apresentam princípios e finalidades comuns para as diferentes disciplinas científicas que passam por “*formar cidadãos intervenientes, críticos,...*” (GF5_AI_28). Já para Tânia, os programas pretendem ser uma resposta aos desafios da globalização, estruturando-se a partir de um conjunto de princípios, que são comuns aos currículos de diversos países, mas que não definiu, com a finalidade de melhorar a qualidade das aprendizagens dos alunos e promover a literacia científica dos cidadãos, que é objeto de avaliação em estudos internacionais como o PISA. Para Emílio, um dos princípios ou fundamentos dos programas do ensino secundário prende-se com o desenvolvimento das competências dos alunos, tendo como referencial de partida as que constam do currículo do ensino básico. Segundo este docente,

É importante termos a noção de que estes programas quando foram elaborados, tiveram como base um volume do conjunto de competências do básico e que é esperado que os alunos quando... quando chegam, teoricamente, quando chegarem ao final do básico, tenham as competências que fazem parte daquele... daquele caderninho e que fez parte das organizações curriculares que foram construídas (...) portanto, os programas do secundário partiram dessas competências que era esperado os alunos terem desenvolvido quando entrassem no secundário (GF5_Em_70).

Ainda que os olhares dos professores em relação aos fundamentos ou princípios consignados nos programas sejam diversos, pensamos que todos eles se direcionam na perspetiva de uma ciência cidadã (Irwin, 1998) que exige o desenvolvimento de competências de vária ordem e da necessidade de aprofundar os níveis de cultura científica de todos os alunos. Ao compararmos estes discursos com os que os docentes proferiram acerca da importância de desenvolver a argumentação científica dos alunos, percebemos que há uma aproximação entre eles. Desta forma, é compreensível que os professores tenham mencionado que os programas do ensino secundário de Biologia e Geologia valorizam a argumentação científica, por considerarem que foram construídos com respeito pelos princípios citados.

4.1.3.2 – Potencialidades

As potencialidades que os programas contêm para o desenvolvimento da argumentação pelos alunos foram abordadas sob dois ângulos diferentes, pelos professores: (1) a valorização da argumentação científica patente nos programas e (2) os conteúdos conceptuais.

Os professores consideraram que a argumentação científica está presente nos programas, segundo várias vertentes. Para Telma, os programas colocam grande ênfase ao nível dos conteúdos procedimentais ao prever, por exemplo, a problematização dos temas e a formulação de hipóteses explicativas e ao nível dos conteúdos atitudinais, ao apelar à consciencialização e à reflexão crítica. Para além destes aspetos, a professora fez questão de mencionar que,

[Os programas] passam a ideia de que não se trata só de... de... de tratar os conteúdos conceptuais, despejar o programa e 'tá a andar, não é? Implica... tudo isto implica reflexão e uma... uma... uma abordagem mais interativa... o que em, em alguns aspetos... terá... terá em conta questões que os alunos levantam e depois, enfim, também procurarem resposta para essas questões, e... e, portanto, eventualmente... baterem na argumentação, não é? Não, acho... os programas tal como estão, como estão aqui no papel... valorizam [a argumentação científica] (GF5_Te_7)

Na sua intervenção, Telma salientou que os programas centram no aluno, os processos de ensino, prevendo o uso de abordagens interativas (ainda que não tenha especificado como), o levantamento de questões pelos alunos e a procura de *“respostas para essas questões”*, para além de se invocarem processos de reflexão, contribuindo todos estes fatores para favorecer a emergência de contextos argumentativos.

De acordo com Hélder, Emílio e Alcina, a argumentação científica está valorizada nos programas visto que a sua organização se centra em situações-problema ou questões. Nas palavras de Emílio,

a mim parece-me que o facto da organização dos programas partir de problemas ou questões... que visam que o aluno possa encontrar uma forma de obter uma resposta ou várias respostas, e que ele tem que construir um determinado caminho e tem que construir, no fundo, uma série... ou seja, tem que fazer uma pesquisa de forma a sustentar a resposta que consegue obter, que isso, de certa forma, valoriza a construção da argumentação. (GF5_Em_13).

Alcina sublinhou, nesta sequência de intervenções, a potencialidade que essas situações-problema ou questões têm *“por levar-nos a... a confrontar posições que possam ser diferentes e aí obrigar a argumentar”* (GF5_AI_47). Este confronto de posições diferentes, bem como a organização dos temas dos programas em torno de problemas e questões, as

abordagens comunicativas interativas e o apelo a processos de reflexão são elementos caracterizadores do conceito de argumentação científica dos docentes, tal como já anteriormente discutimos.

Os conteúdos conceptuais presentes nos programas são, também, adequados para desenvolver nos alunos as competências de argumentação científica, segundo o grupo focal, tal como para a maioria dos respondentes ao questionário (Figura 21). Efetivamente, quase metade da amostra – 47,5% (97) – concordou com a afirmação do item 53 – “*Os conteúdos conceptuais presentes nos programas de Biologia e Geologia, do ensino secundário, proporcionam oportunidades para desenvolver a argumentação científica*”. Se a essa percentagem, adicionarmos os inquiridos que se inclinaram a concordar com a mesma afirmação – 39,7% (81) – teremos um total de 87,2% (178) da amostra a apoiar este ponto de vista. No total, apenas 12,8% (26) mostraram algum nível de oposição em relação à afirmação.

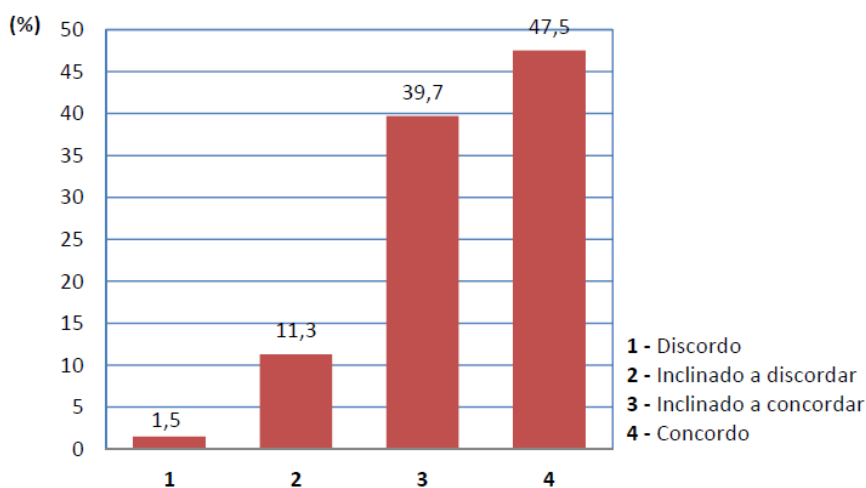


Figura 21 - Frequências relativas das respostas ao item 53. do questionário.

De entre os temas referidos pelos professores como mais adequados para esse fim estão: a extinção dos dinossáurios, a origem do sistema solar e o modelo da estrutura interna da Terra (10.º ano), a evolução biológica (11.º ano); tectónica de placas (10.º e 12.º anos); os organismos geneticamente modificados (11.º e 12.º anos); reprodução medicamente assistida (12.º ano); energia nuclear (12.º ano). Como se depreende deste elenco, os professores focaram temas científicos em relação aos quais existe alguma controvérsia social, científica ou modelos explicativos alternativos de fenómenos naturais. Para Telma estes temas fazem parte de um leque de conteúdos conceptuais que são facilitadores do emergir da argumentação científica, particularmente os que se enquadram

no âmbito das questões sociocientíficas. A professora atentou que *“Pelo menos são mais imediatas, não é?”* (GF5_Te_336). Esta posição de Telma parece, no entanto, contraditória com outra, anteriormente manifestada pela professora, quando questionou a validade da argumentação sobre assuntos sociocientíficos, por envolverem questões éticas, o que denota pouca solidez das ideias da docente em relação a estes assuntos complexos.

Houve, ainda, docentes que indicaram que qualquer assunto científico pode ser usado para desenvolver contextos argumentativos. Este posicionamento foi apresentado por Emílio e por Fátima. Para aquele professor, *“Eu acho que, se nós quisermos, qualquer conteúdo permite isso. Eu acho é que, de vez em quando, temos de fazer uma orientação... diferente...”* (GF5_Em_245). Emílio chegou mesmo a dar um exemplo para tentar concretizar esta situação:

A nós... é uma coisa que para nós é absolutamente certa, quer dizer, eu tenho a certeza absoluta que as plantas durante a fotossíntese produzem oxigénio e... e utilizam dióxido de carbono na produção de compostos orgânicos, isto é uma coisa que, para mim, é absolutamente claro. Agora, os alunos têm que construir evidências de que isto realmente é assim, porque eles continuam a dizer que a fotossíntese serve para produzir oxigénio e têm que... têm que construir evidências das coisas. Se calhar, isto é tão facilitador para a forma de eles pensarem como falar em OGM's, não sei, digo eu. Mas isto é uma problemática... (GF5_Em_226/228).

Recordamos, neste momento, que na sua reflexão escrita, este professor, referindo-se ao conceito de argumentação científica registou que *“a argumentação científica consiste na justificação de afirmações em ciência, a partir de evidências, que constitui um aspeto crucial em ciência”* (RE_Em). Parece-nos que o exemplo que utilizou é coerente com a afirmação que acabámos de transcrever, ao associar a argumentação a uma fundamentação de enunciados a partir de evidências empíricas. Assim, estas afirmações de Emílio vêm reforçar a sua conceção de argumentação dirigida a assuntos de natureza científica.

4.1.3.3 – Constrangimentos

A gestão do tempo para cumprimento dos programas e a extensão dos programas foram os entraves mais referidos à aplicação de experiências de aprendizagem que permitam aos alunos vivenciar atividades de argumentação científica. O programa do 10.º ano foi eleito, unanimemente, como o mais difícil de cumprir, particularmente, se se pretender centrar o processo de ensino nos alunos, promovendo processos de

aprendizagem ativos, tal como é indicado nas sugestões metodológicas, conforme foi salientado por Fátima,

Eu acho os programas ótimos, se não tivermos isso [o fator tempo] em conta. Depois, na concretização, quando nós somos postos perante o problema de termos que dar aquela matéria... num X de aulas, não conseguimos explorar o programa de acordo com as sugestões metodológicas que... que são indicadas. Eu, pelo menos, tenho sempre grande dificuldade em arranjar tempo, por exemplo, para analisar gráficos, para discutir problemas, para partir do programa para o resto, para as ligações (GF5_Fa_61).

Alcina também deu voz a esta dificuldade. Esta docente construiu e aplicou atividades de investigação, em sala de aula, numa turma de 10.º ano, no âmbito do seu trabalho de Mestrado e revelou que a gestão do tempo foi um dos maiores obstáculos em todo o processo:

...no 10.º e 11.º anos, pois, não... não vou estar a, a repetir o que já foi dito. É muito complicado. E eu tenho a experiência deste ano, estou a implementar atividades de investigação para a... a parte empírica da dissertação, e pronto, e estou a ficar aflita. Ficou agora a Geologia, estou na Geologia, a coisa está a ficar assim um bocado atrapalhada para conseguir dar o programa, não é? É complicado (GF5_AI_104).

Apesar das dificuldades mencionadas, ainda houve quem tenha assumido desenvolver atividades que envolvem os alunos na argumentação científica, ainda que com prejuízo para o cumprimento do programa do 10.º ano, como foi o caso de Emílio e de Hélder. Deixamos aqui uma das intervenções de Hélder a esse respeito:

Já, já disse à minha *entourage*, já tivemos uma reunião... não vou conseguir, é impossível, para dar aquilo a correr, mais vale não dar. Mas com a pressão que nós temos, é impossível nós fazermos argumentação, aulas não sei quê, com... e mesmo assim, eu acho que nós conseguimos lá fazer, algumas vezes (GF1_He_98).

Ao contrário dos programas dos 10.º e 11.º anos, os professores manifestaram conseguir gerir, de uma forma equilibrada, os programas do 12.º ano, como é evidenciado no seguinte excerto:

Os... os programas [do 12º ano] estão na mesma linha, têm também essa perspetiva argumentativa, e nós já podemos aplicá-lo na sala de aula ou pelo menos melhor, não é? Porque aqui [10.º e 11.º anos], mesmo que queiramos, tem que ser a despachar. Aqui é diferente (GF5_AI_49).

Em paralelo a esta questão da gestão dos programas, e necessariamente a ela vinculada, surge a extensão dos conteúdos conceptuais associada ao nível de abordagem ou de aprofundamento com que esses conteúdos são trabalhados em aula. Para Tânia, por vezes, é necessário ir além do que está contemplado nos programas, para os alunos “compreenderem determinados conceitos, porque se for tão leve, tão leve, eles ficam

assim um bocadinho... mas por que é que isto acontece? E temos que ir mais longe do que aquilo que, de facto, que o programa exige” (GF5_Ta_22). É precisamente sobre este foco na abordagem dos conteúdos conceptuais, que Emílio acabou por declarar que a extensão dos programas pode ser gerida de outra forma:

18 Emílio (Em) – Eu não estou, eu não estou a dizer que isso [a argumentação científica], depois, não é possível de praticar. Eu acho que muitas das coisas, em termos da discussão da extensão dos programas levar-nos-ia a uma outra questão, a outro tipo de discussão. Tem a ver com a forma como nós temos as coisas construídas na nossa mente...

19 Telma – É a abordagem.

20 Em - ...e como nós achamos qual é a maneira de a abordar, que não é aquela que está no programa e por isso nós não cumprimos o programa. Nós damos muito mais do que o programa exige porque é a nossa forma conceptual de, de... (GF5).

Telma considerou, ainda, que as decisões dos professores quanto ao nível de abordagem ou de aprofundamento dos conteúdos conceptuais está diretamente relacionada com o nível de exigência das questões dos exames nacionais de Biologia e Geologia. Segundo esta docente, os exames, por vezes, exigem conhecimentos que vão além da lista de conteúdos conceptuais presentes no programa, pelo que se gerou um nível de insegurança nos docentes que os leva a explorar esses conteúdos de forma mais pormenorizada. Estes condicionalismos orientam o pensamento dos docentes quando planificam as suas aulas, de acordo com Hélder, o que leva a que *“haja uma grande parte transmissiva e de exposição”* (GF5_He_577), porque os programas são muito extensos, quase enciclopédicos, constituindo um constrangimento da aplicação de tarefas mais adequadas ao preconizado nas sugestões metodológicas, onde se incluem as que podem promover o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos.

Estes resultados relativos aos constrangimentos coincidem, em certa medida, com os apresentados nos trabalhos de Newton, Driver e Osborne (1999), de Sadler (2006) ou os de Sampson (2009). Na investigação relatada por este último autor, os professores referiram a falta de tempo para cumprir os programas como uma das principais barreiras à implementação de tarefas que envolvam os alunos na argumentação científica. O próprio autor acrescenta, ainda, que *“Muitos docentes também veem a argumentação como algo que é necessário acrescentar ao currículo quando já não há tempo”* (Sampson, 2009, p. 14). Parece existir nos professores uma noção de que a um currículo de conteúdos conceptuais, repleto de temáticas a trabalhar com os alunos, há, ainda, que adicionar-lhe um currículo de competências que, por acréscimo, dificulta ainda mais o cumprimento dos

programas (Braund, & Campbell, 2010; Mirza, & Perret-Clermont, 2009). Contudo, “Aprender a prática de argumentação em aulas de ciências não pode ser visto como um objetivo desligado da aprendizagem das ciências” (Jiménez-Aleixandre, 2008, p. 95). Esta falta de visão integradora e holística do currículo afastará, desta forma, os professores de proporcionar aos alunos, experiências educativas cuja finalidade seja a de desenvolver competências de argumentação que vão além da apropriação de conhecimentos substantivos, o que torna o currículo mais pobre e redutor.

4.1.3.4 – *Componente de Biologia / Componente de Geologia*

Os programas de Biologia e Geologia do ensino secundário foram construídos partindo de uma fundamentação pedagógica e didática comum, como referimos no capítulo 2 deste trabalho. No entanto, têm uma característica essencial que os distingue, na perspetiva dos professores do grupo focal, como se evidencia a partir do seguinte excerto:

Eu, eu considero é que, a nível dos programas, a forma como estão orientados, as questões que estão colocadas, mesmo nos... nos conteúdos... têm... são menos problema nalgumas das unidades de Biologia do que nalgumas unidades da Geologia. Quando eu digo que são menos problema, quer dizer que eles emitem menos respostas, enquanto que alguns dos problemas que são criados nas unidades da Geologia são mesmo problemas, algumas das questões orientadoras da Biologia não são problemas (GF5_Em_421).

Para Emílio, a diferença mais significativa entre os programas de Biologia e de Geologia situa-se ao nível das situações-problema propostas nos diversos documentos oficiais. Enquanto, segundo aquele professor, o programa de Geologia orienta a abordagem dos diferentes temas a partir de verdadeiros problemas, isto é, de questões abertas cuja resposta não é única ou imediata, no programa de Biologia encontramos um conjunto de questões orientadoras que considerou não serem problemáticas, por direcionarem para uma resposta única, previamente conhecida dos professores. Esta posição foi também defendida por outros docentes como Telma, que salientou que os programas de Geologia “*Partem logo daquela... de, de uma questão, de uma situação-problema que é, efetivamente, uma situação-problema, não é? E da Biologia não tanto, não é?*” (GF5_Te_440). Na discussão desta situação, os docentes concretizaram as suas ideias recorrendo a conteúdos conceptuais dos programas:

425 Tânia (Ta) – Nomenclatura, por exemplo, estou a pensar, nomenclatura, não é?

426 Emílio (Em) – O sistema... evolução dos sistemas circulatórios...

427 Ta – Pois, há coisas que...

428 Em - ...A evolução dos sistemas respiratórios...
429 Ta – Claro.
430 Em - ...São sistemas que são... são exatos, que são claros, não é?
431 Ta – Exato. (GF5)

Parece-nos evidente neste diálogo, que os professores acabaram por se cingir a temas ou assuntos científicos e não explicitaram as “tais” questões que, segundo o programa da componente de Biologia (10.º e 11.º anos), devem orientar os processos de ensino e de aprendizagem. Contudo, quiseram evidenciar que, na sua opinião, dificilmente se conseguem gerar situações-problema a partir deles, que facilitam a discutibilidade dos assuntos científicos, numa perspetiva argumentativa. Através da discussão no grupo focal, é evidente que os docentes atribuíram mais potencialidades argumentativas aos programas de Geologia do que aos de Biologia (particularmente no caso dos programas dos 10.º e 11.º anos), atendendo à contextualização que é apresentada naquele, das questões centrais ou das situações-problema levantadas.

Considerando que para argumentar com qualidade é necessário que o argumentador seja possuidor dos saberes necessários ou de um quadro teórico explicativo prévio à apresentação de um argumento e sua discussão (Andriessen, & Schwarz, 2009; Mirza et al., 2009), quisemos perceber se os professores privilegiavam, ou não, a sua área científica de formação inicial, ou seja, aquela em que potencialmente se sentirão mais seguros do ponto de vista científico, para implementar experiências educativas promotoras do desenvolvimento de argumentação científica. Dos sete docentes, apenas Hélder assumiu, com frontalidade, que preferia fazê-lo em temáticas de Geologia, área científica da sua licenciatura, ainda que tenha afirmado que já tem construído e aplicado tarefas de Biologia que implicam os alunos em atividades de argumentação. Os outros docentes não estabeleceram qualquer relação nesse sentido, tendo referido que não tinham preferência por qualquer das áreas científicas para aquele fim.

Em síntese...

(1) A maioria dos professores considerou que os programas valorizam as práticas de argumentação científica, em contexto de sala de aula e que os temas científicos neles incluídos se adequam àquele fim;

(2) Ainda que não tenha sido consensual entre os docentes, os assuntos sociocientíficos que constam dos programas foram eleitos como os mais facilitadores para implementar práticas de argumentação científica;

(3) A gestão do tempo e a extensão dos programas (particularmente, do 10.º ano) são constrangimentos fortes à implementação de práticas de argumentação científica, em contexto de sala de aula;

(4) Os programas de Geologia apresentam contextos científicos mais favoráveis ao desenvolvimento da argumentação pois cada tema estrutura-se a partir de uma situação-problema, com considerável grau de abertura que permite a exploração de soluções diversas e não orienta para uma resposta única.

4.1.4 Concepções sobre práticas promotoras do desenvolvimento de argumentação científica pelos alunos

Estando a fase II deste trabalho orientada para a análise de práticas pedagógicas escolares que procuram envolver intencionalmente os alunos em atividades de argumentação científica, pareceu-nos relevante efetuar uma despistagem das principais ideias dos professores sobre as práticas promotoras daquela finalidade. Através da discussão em torno desta temática, considerámos, também, que, de forma mais coerente, se poderiam estabelecer algumas relações entre as concepções e as práticas observadas. Tem vindo a ser reclamada a necessidade de se conhecerem as concepções de professores sobre “o valor dos esforços para promover e apoiar o envolvimento dos alunos na argumentação científica, em sala de aula” (Sampson, 2009, p. 2). Ainda segundo Abi-El-Mona e Abd-El-Khalick (2011), as ideias dos professores sobre este e outros assuntos influenciam os processos de ensino e de aprendizagem pelo que se torna imperioso efetuar um diagnóstico das mesmas para melhor compreender a ação pedagógica dos professores de ciências, em sala de aula.

A presente categoria está composta pelas seguintes subcategorias: (1) na perspetiva do ensino; (2) na perspetiva da aprendizagem; (3) tarefas e (4) formação e desenvolvimento pessoal e profissional dos docentes. Em cada uma destas subcategorias, emergiram outras dimensões de análise, conforme se pode constatar da leitura da Figura 22. Na subcategoria (1) foram enquadrados os dados de caracterização das práticas pedagógicas escolares, na perspetiva de um ensino promotor do desenvolvimento da argumentação científica nos alunos e os constrangimentos à implementação dessas práticas; em (2) analisam-se os dados relativos ao papel que os alunos devem assumir em aulas de ciências, com a finalidade de desenvolver a argumentação científica, bem como se referem possíveis constrangimentos à aprendizagem e se reflete sobre a avaliação

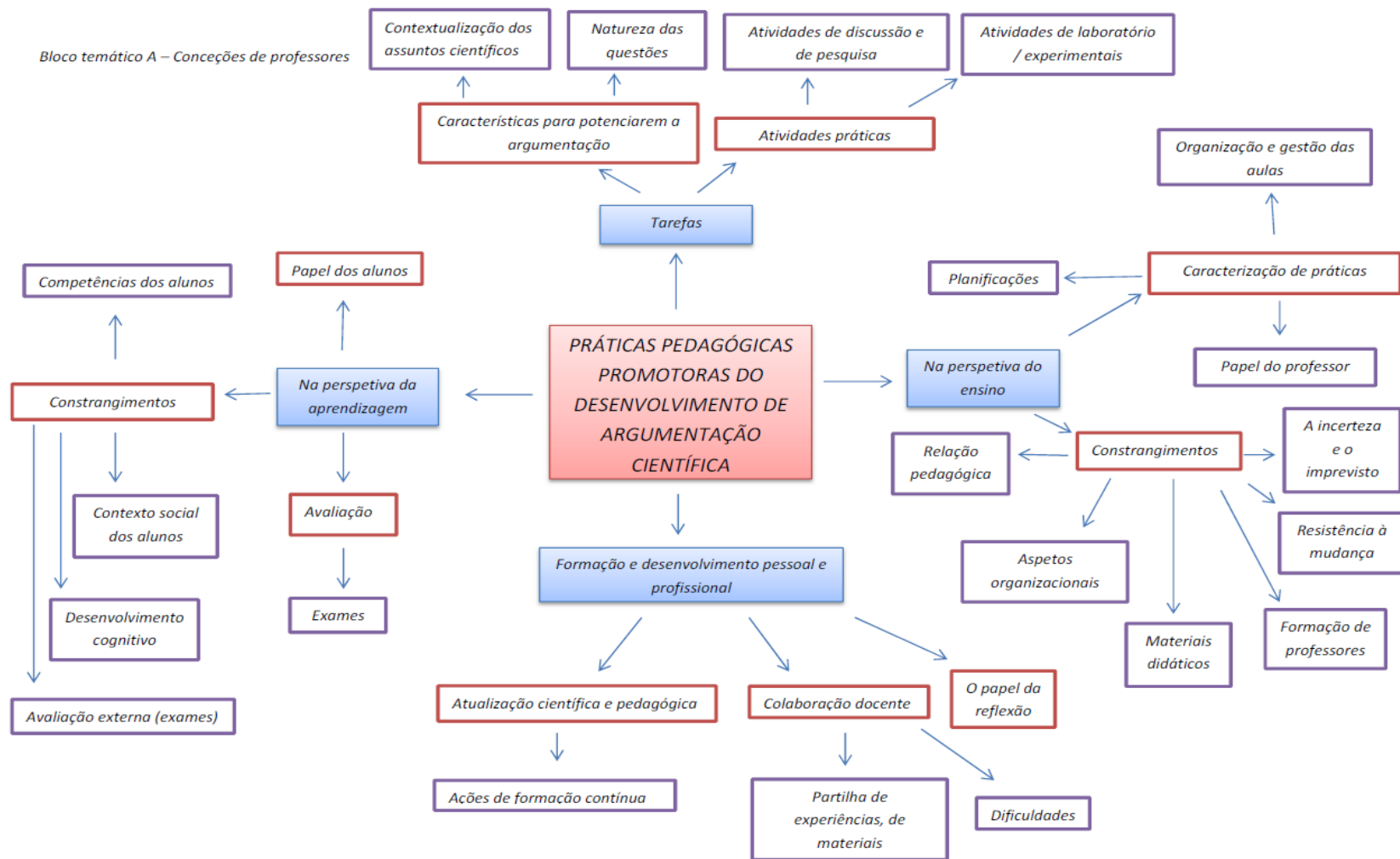


Figura 22 - Mapa semântico relativo ao bloco temático/categoria – ‘Concepções sobre práticas promotoras do desenvolvimento da argumentação científica pelos alunos’.

naquele contexto de aprendizagem, com particular incidência nos exames nacionais; em (3), os dados estão relacionados com as características que os professores consideraram que as tarefas devem encerrar para envolverem os alunos em atividades de argumentação científica e com as atividades práticas mais apropriadas para aquele fim e em (4) lançam-se olhares sobre os contributos da atualização científica e pedagógica, da colaboração entre docentes e da reflexão, na ação didática e pedagógica dos professores.

4.1.4.1 – Na perspetiva do ensino

Os participantes do grupo focal referiram que o papel de um professor que pretenda envolver os alunos na argumentação científica tem de ser diferente do que tradicionalmente lhe é conferido enquanto detentor e transmissor de informação. Houve quem tivesse considerado que um professor que pretenda lecionar num contexto argumentativo não pode centrar em si o processo de ensino, como se evidencia na citação, *“Se vamos trabalhar a argumentação e a construção da argumentação, são eles [os alunos] que têm que construir a argumentação, não pode estar centrado em mim, tem que estar centrado neles. É nessa perspetiva”* (GF5_Em_481), ou que o professor deve exercer a função de moderador e de provocador, *“Enfim, poderá ser... mais de moderador, eventualmente... ou de ‘espicaçador’ noutras situações, não é? Provocador”* (GF6_Te_176). Para Tânia cabe ao professor descentrar-se e promover o pensamento nos alunos, *“Portanto, tentar descentralizar. Eu para mim, uma argumentação é descentralizar e pôr os meninos um bocadinho a pensar”* (GF6-Ta_83).

No questionário, os inquiridos responderam neste mesmo sentido. A maioria dos respondentes, correspondente a 82,2% (167) da amostra, concordou, de alguma forma, que “Num modelo de ensino centrado no professor, as competências de argumentação dificilmente serão desenvolvidas pelos alunos” (Figura 23). Somente 36 inquiridos, ou seja, 17,7% da amostra, discordaram ou tenderam a discordar da afirmação do item 51.

Os docentes do grupo focal referiram que estes valores não eram surpreendentes, atendendo a que para o desenvolvimento da argumentação científica é necessário que o professor leve os alunos a desempenharem um papel mais ativo, sem que isso signifique *“que o professor se apague. Eu até acho que é um papel mais difícil, não é?”* (GF6_Te_182). No relatório de reflexão individual, Fátima registou a seguinte afirmação:

O papel do professor de ciência, na construção do saber e da divulgação científica, parece-me, cada vez mais importante e não pode corresponder apenas a um processo de acumulação de conhecimentos, organizados de forma teórica coerente, que ele transmite, mais ou menos, passivamente” (RE_Fa).

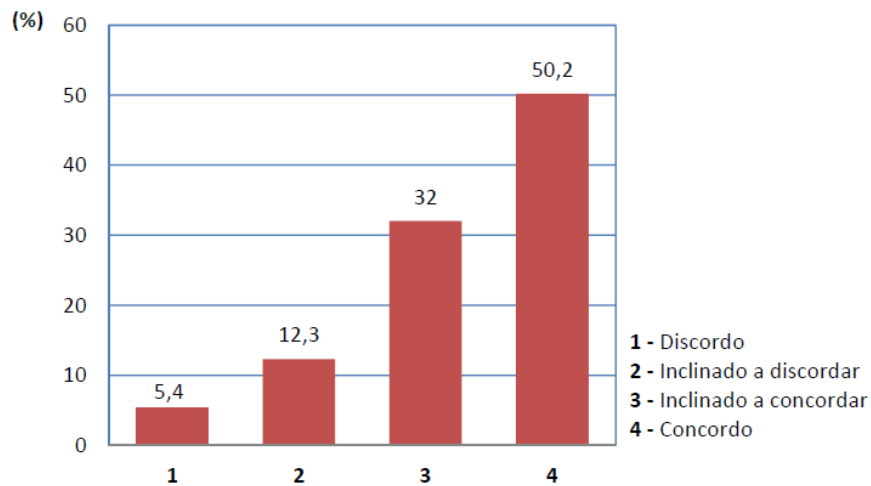


Figura 23 – Frequências relativas das respostas ao item 51. do questionário.

Esta professora e outros participantes do grupo focal referiram que as práticas centradas nos alunos são cada vez mais frequentes e têm vindo a ter maior adesão entre os professores. Contudo, para Alcina, ainda há poucos docentes a implementar esse tipo de práticas até porque, como referiu Hélder, os professores preferem “*controlar a turma, [pelo que], se calhar, é mais fácil o tipo de aula expositiva*” (GF6_36). Ao contrário das posições relatadas anteriormente sobre os modelos de ensino mais propícios ao desenvolvimento da argumentação científica pelos alunos, um conjunto de professores do grupo focal assumiu que as suas aulas são muito tradicionais e expositivas, ainda que “num clima que apela ao diálogo e intervenção por parte dos alunos” (RE_Te). Nesta perspetiva, Telma, Hélder e Fátima referiram que há períodos de exposição que, diversas vezes, são intercalados com períodos em que os alunos assumem um papel mais ativo, respondendo a questões, colocando dúvidas ou até argumentando. Ilda chegou a afirmar que,

Se nós usarmos sempre e só aulas expositivas, acho que teremos menos probabilidade de desenvolver neles, competências de argumentação. Mas se misturarmos as duas coisas... eu acho que as aulas expositivas são absolutamente necessárias em determinadas partes da matéria e são até a melhor maneira de se conseguir determinadas coisas... nós podemos, nessa aula, também criar um espaço para o desenvolvimento da argumentação. Se eles já vierem habituados a isso, aquela aula também dá para isso. Agora, se eles nunca foram... preparados... (GF6_II_447)

Houve, assim, professores que consideraram que em aulas expositivas, também, há possibilidade de intercalar momentos de argumentação. Neste contexto, parece que esses professores associaram o conceito de argumentação ao de explicação, como já antes havia sido discutido ou a uma breve discussão acerca de um assunto que surja na aula. Emílio, para quem *“a aula expositiva é a que menos resulta”* (GF5_Em_300) para desenvolver a argumentação científica nos alunos, procurou ressaltar a necessidade de centrar o ensino nos alunos, referindo que *“o facto de ter que haver exposição da matéria, não implica necessariamente que seja o professor a fazê-la”* (GF6_Em_448). Esta preocupação de Emílio prende-se com o facto de considerar que se for apenas a voz do professor a ser ouvida, nestes momentos de exposição dos conteúdos, é sempre *“a minha conceptualização das coisas [que está a ser transmitida], não é a deles”* (GF5_Em_471).

Ainda que vinculem as suas visões sobre práticas de argumentação científica a modelos de ensino centrados nos alunos, por considerarem que é nestes que os estudantes têm um papel mais ativo e interventivo, na generalidade, os docentes do grupo focal assumiram que as suas aulas se centram, frequentemente, no professor, recorrendo a um modelo transmissivo de conteúdos, onde as intervenções do professor se intercalam com participações orais dos alunos, para solicitar esclarecimentos sobre determinado conteúdo conceptual ou para responder a eventuais questões, maioritariamente, de carácter fechado. Das descrições das práticas pode interpretar-se que a abordagem comunicativa (Mortimer, & Scott, 2002, 2003) mais comum, no processo de ensino descrito pelos docentes, se enquadra no domínio de uma comunicação interativa e de autoridade, tendo em conta que há momentos de exposição que alternam com outros em que os alunos intervêm, em contextos designados de ‘discussão’, mas com intenção do professor de fazer passar a mensagem da perspetiva científica atualmente aceite.

Em termos de abordagem comunicativa, os docentes rejeitaram recorrer, com frequência, a um esquema padrão de interação triádico do tipo I-R-A (iniciação do professor – resposta do aluno – avaliação do professor) (Mortimer, & Scott, 2002, 2003), conforme se evidencia na seguinte sequência de intervenções:

478 Telma (Te) – Sim. É só... no fundo... no fundo, isso [*padrão I-R-A*] é capaz de ser um bocadinho castrante, não é? Porque eles têm... começam a ter medo de dar a resposta errada. “Respondeste bem, respondeste mal.”

479 Emílio (Em) – Eu é raro utilizar esse tipo de coisas [*padrão I-R-A*]. Normalmente, quando oiço a resposta de um aluno, aproveito para questionar se alguém tem uma ideia diferente.

480 Alcina (Al) – É exatamente isso. Ou os outros.

481 Em – Ou se há...

482 Al – Ou se os outros acham que está correto.
 483 Em - ...Se os outros partilham todos aquela ideia.
 484 Te – (...) Eu acho que será muito difícil [*fomentar a argumentação científica no padrão I-R-A*], se conduzirem as coisas dessa forma, não é?
 [...]
 487 Em – No fundo, no fundo, é na mesma avaliar, só que em vez de ser eu a fazê-lo diretamente... são os outros [alunos] que fazem em relação à resposta que foi, que foi dada. É avaliar na mesma.
 [...]
 492 Al – Mas passo a bola para eles. Eles é que estão a avaliar.
 493 Te – Sim, mas que... mas que... que limitarão um bocadinho o desenvolvimento dessas competências... [de argumentação] (GF7)

Deste excerto, queremos destacar dois pontos: (i) apesar de inicialmente não se reverem no padrão I-R-A, Emílio e Alcina reconheceram que, apesar de “passarem a bola” para outros alunos, o padrão das interações se mantém, ainda que haja vantagem em não ser o professor a efetuar a avaliação; (ii) Telma admitiu que o padrão I-R-A não é apropriado ao desenvolvimento de competências de argumentação científica. Ilda também assumiu que os professores não exploram as competências que os alunos devem desenvolver, pelo que o papel tradicional do professor, vincado através do padrão interativo I-R-A, dificilmente contribuirá para melhorar as competências de argumentação científica dos alunos.

No discurso dos participantes do grupo focal esteve presente a necessidade de mudança dos processos de ensino, devendo o professor exercer o papel de facilitador das aprendizagens. Porém, esta via para um ensino mais dialógico e de construção de uma real comunidade de aprendizagem na qual todos os elementos se sintam como participantes legítimos (Lave, & Wenger, 1991), adivinha-se complexa. Os participantes não aludiram, de forma concreta, a algumas ações específicas que os professores podem e devem desempenhar, em contextos argumentativos, e que contribuem para a legitimação dessa comunidade de prática, como os de promover a alteração de formas e padrões de comunicação, de facilitar as intervenções dos alunos, encorajar os alunos a fornecer evidências para as afirmações que proferem, estimular a reflexão sobre as posições tomadas ou apoiar a dialogicidade discursiva (Jiménez- Aleixandre, 2008; Martin, & Hand, 2009; Mirza et al., 2009; Simon, Erduran, & Osborne, 2006). Contudo, não deixaram de salientar a importância de, em aulas em que o ensino está mais centrado nos alunos, ser necessário efetuar sínteses, “*para fazer um apanhado*” (GF5_Em_196), pois, nas palavras de Hélder,

Temos que chegar a alguma conclusão. Nós, implicitamente queremos que eles cheguem lá, não é? Só que não queremos influenciá-los muito. Não, não estar a dirigi-los muito. Se não, deixa de ser argumentação... Também muito livre, eles dispersam-se... (GF5_He_213/217).

Ainda que haja autores, como Mercer (2009), que defendem a realização destes processos de síntese para a consolidação das aprendizagens, eles devem surgir integrados em esquemas de ação docente que facilitam a autonomia dos alunos e a realização de discussões em aula. No caso do discurso dos professores, sentiu-se a necessidade de sublinhar que, no final de atividades promotoras de argumentação científica, se deve recorrer a métodos ou processos de ensino mais centrados no professor, pois é este que detém a autoridade de validar o conhecimento científico atualmente aceite. Uma possível explicação para esta posição generalizada pode estar no facto de, dessa forma, os professores ficarem mais tranquilos em relação às aprendizagens de conteúdos conceptuais que, supostamente, os alunos devem apropriar, caso utilizem métodos mais tradicionais. No fundo, parece existir uma desconfiança em relação à eficácia das aprendizagens num modelo de ensino centrado nos alunos.

Em termos de organização e gestão das aulas, o trabalho em grupo foi considerado, unanimemente, a forma mais adequada ao desenvolvimento da argumentação científica. Para Alcina,

Outra coisa que eu acho importante nisto é o trabalho em grupo, não é? Que acho que é o tipo de prática que se propicia e que deverá ser feito em grupo, não é? Para os alunos interagirem e construírem conhecimento (GF5_AI_481).

Contudo, os professores afirmaram que para a utilização de estratégias facilitadoras da argumentação científica, onde se inclui o trabalho em grupo, é necessário que a relação pedagógica que estabeleceram com a turma permita, (i) no domínio sóciocognitivo, aos alunos, questionar, colocar algo em causa, expressar opiniões e (ii) no domínio sócio-afetivo e atitudinal, que não se espoletem comportamentos disruptivos e que haja um conhecimento mútuo entre os alunos que lhes dê a segurança e autoestima necessária para se sentirem à-vontade em relacionar-se com os seus pares, tal como foi evidenciado por Telma: *“E há que haver um certo conhecimento mútuo para eles se sentirem à-vontade e..., portanto, poderem expressar opinião e mudar de opinião”* (GF1_Te_123). Houve docentes que referiram apenas proporcionarem aos alunos a realização de trabalho em grupo em períodos avançados do ano letivo, pois só nesse momento têm um conhecimento mais profundo dos alunos e da forma como se comportam ao recorrerem a atividades que implicam mais confusão e ruído na sala de

aula, uma vez que o trabalho em pequenos grupos favorece as interações entre os pares (Smith, & Laslett, 1993). Como referiu Hélder, a propósito de uma atividade de *role-play* (jogo de papéis) que propôs aos seus alunos,

...por exemplo, pegar no primeiro período, uma forma de controlar a turma, se calhar, é mais fácil o tipo de aula expositiva. (...) Já estamos a falar do segundo período. É onde eles já se conhecem, já começam a ter um bocado a noção de onde estão e como é que se comportam (GF6_He_36/38).

As planificações enquanto planos de ensino que articulam, de forma coerente, os objetivos a alcançar e as competências a desenvolver pelos alunos, com as estratégias e técnicas de avaliação a utilizar são utilizadas para indicar de forma precisa o 'que' e o 'como' dos processos de ensino e de aprendizagem (Domingos, Neves, & Galhardo, 1987). Tendo em conta o objeto de estudo deste trabalho, quisemos saber se os professores contemplavam, nas suas planificações, atividades que envolvessem os alunos em processos de argumentação científica. No relatório final que elaborou, Telma, revelou que

Reconheço que a maioria das minhas aulas tem um carácter fundamentalmente expositivo, embora num clima que apela ao diálogo e intervenção por parte dos alunos. Mas são também frequentes as atividades práticas, experimentais, ou não, com as características que referi, pelo que posso afirmar que *“nas minhas práticas de sala de aula, há momentos destinados a desenvolver, nos alunos, a argumentação científica.”* No entanto - e como se deduz da minha confissão inicial - não o fiz conscientemente com esse propósito... Então, a minha resposta sincera à questão: *“Nas minhas planificações, preocupo-me em contemplar atividades de sala de aula que permitam o desenvolvimento da argumentação científica nos alunos?”*, foi NÃO, ou seja, não me incluo nos 94,1% dos professores inquiridos que concordam ou se inclinam a concordar (tenho sérias dúvidas da sua validade...) (RE_Te, itálico e maiúsculas no original).

A professora, nesta sua reflexão, remete para dois itens que constam do questionário: o 43 e o 54, cujas afirmações estão em itálico na citação anterior. Na Figura 24 encontram-se os resultados obtidos, para cada um deles.

Qualquer uma das afirmações dos itens em questão recebeu a anuência, parcial ou total, de uma percentagem elevada da amostra, ainda que os inquiridos tenham concordado, de forma mais clara, com a afirmação do item 43. Assim, 65,7% (134) dos professores declararam que nas suas aulas há momentos destinados a desenvolver a argumentação científica dos alunos, enquanto 50,5% (103) concordaram que nas planificações que elaboram, também, contemplam atividades com a mesma finalidade. Destes dados parece que podemos inferir que os inquiridos estão mais seguros quanto à ideia de que realizam atividades com aquela finalidade do que quanto à sua inclusão nas planificações, ou como referiu Telma, não fazem as atividades com a intenção de envolver

os alunos na argumentação científica, pelo que não constam das planificações formais como sendo realizadas com aquela finalidade.

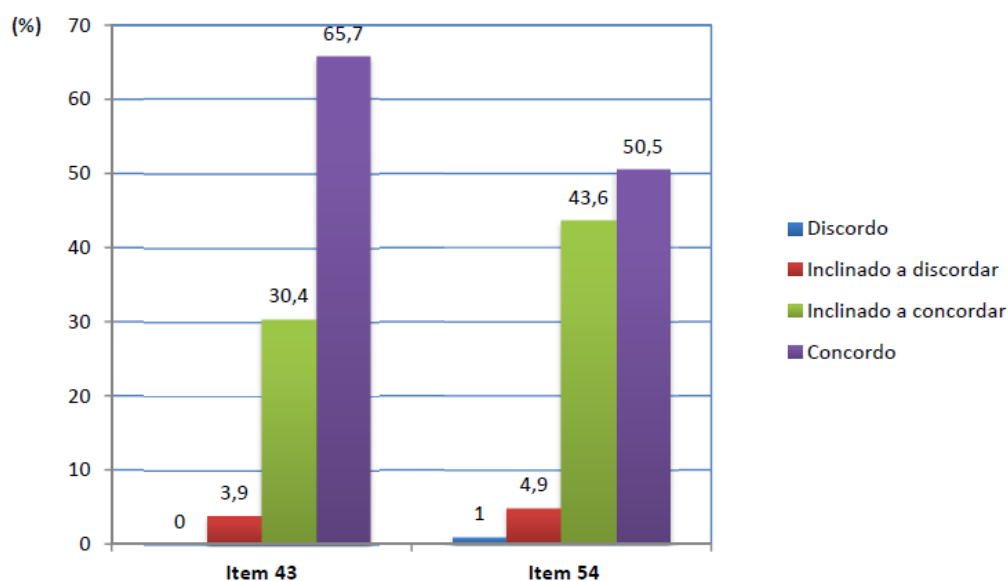


Figura 24 - Frequências relativas das respostas aos itens 43. e 54. do questionário.

Segundo os docentes, as planificações seguem um padrão clássico, onde são incluídos os conteúdos conceptuais a trabalhar ao longo do ano letivo, com a respetiva calendarização e eventuais atividades (laboratoriais, saídas de campo e outras) a realizar. Ainda que a planificação seja realizada com a preocupação de “trabalhar os conteúdos e competências” (GF6_AI_315) que estão contemplados nos programas, o enfoque é colocado, fundamentalmente, nos conteúdos conceptuais e nas atividades práticas (laboratoriais, de campo) a realizar. Há pouca preocupação em discriminar as competências que o professor tenciona que os alunos desenvolvam com determinada atividade, como é evidenciado no discurso de Hélder, “Fazemos reuniões de nível... no início de cada período e planeamos aula a aula, na reunião de nível. E sabemos que naquela aula vamos dar aquela matéria, vamos fazer aquele exercício” (GF1_He_165).

Foram vários os constrangimentos apontados pelos professores para a implementação de um ensino orientado para o desenvolvimento da argumentação pelos alunos. Atendendo à sua diversidade, procedemos à categorização, que se apresenta em seguida.

A – Relação pedagógica

Neste caso, os professores salientaram, fundamentalmente, situações em que as relações entre alunos e entre professor e alunos podem gerar um clima de aula pouco propício à partilha livre e responsável de ideias. O primeiro exemplo que apresentamos foi trazido à discussão por Telma, no qual se relata que num clima de trabalho competitivo, os alunos têm tendência para apontar eventuais erros cometidos pelos pares, o que contribui para o receio de se exporem perante a turma:

Mas também é, é muito importante a... a relação entre eles, não é? Porque, por exemplo, pode haver uma turma de gente muito informada mas que são muito competitivos e... e... e põem-se... qualquer, qualquer erro que um cometa, os outros fazem logo uma festa, enquanto que há outros miúdos que, até em termos sociais ou socioculturais, não são... não estão ali tão em cima mas têm uma... uma relação entre eles que lhes permite, enfim... (GF6_Te_96).

Segundo Telma, quando as relações entre os alunos são de maior colaboração e respeito, o clima da aula contribui para que os alunos ganhem autoconfiança e mais facilmente consigam apresentar as suas ideias.

Para Fátima, as relações entre alunos e professor podem contribuir para que este decida recorrer a práticas magistrais, com exposição de conteúdos, em vez de optar por outro tipo de atividades, nomeadamente, as que implicam os alunos na argumentação científica:

Eu, eu acho que é muito difícil, quando nós entramos numa turma e não conseguimos captar a atenção dos alunos, é muito complicado desenvolver este tipo de competências e, e em geral, o que... o socorro é sempre uma aula muito expositiva, portanto, tem muito que ver com a relação que se estabelece e com as condições em que nós conseguimos dar aula. Claro que estas duas coisas estão interligadas, não é? Mas, se as turmas são grandes, se os meninos... nós olhamos para a turma e 'tão a conversar uns com os outros, uns com os outros em todos os sentidos e nas diagonais e não sei o quê, e o barulho é um barulho... aquele barulho surdo, não é? (GF5_Fa_299).

B – Aspetos organizacionais

O tempo foi o fator mais mencionado pelos professores como forte impedimento à realização de atividades centradas nos alunos. De acordo com os docentes, há um programa extenso a cumprir, com muitos assuntos para abordar e em turmas com muitos alunos. Telma registou, no relatório final, estas contrariedades, de forma clara: *“Será possível [implementar este tipo de atividades], com turmas enormes, o tempo curto para tantos e complexos conteúdos e o fantasma do exame nacional no final do percurso?”*

(RE_Te). Também Emílio deu voz a este tipo de constrangimentos: *“...o problema global e geral é tempo, poupar tempo para as coisas, se calhar, acaba por ser o mais complicado. Porque organizar as atividades, se não tivermos em conta um determinado tempo, se calhar, é... é fácil”* (GF7_Em_163). Os professores referiram, ainda, a pressão institucional que se exerce no sentido do ‘cumprimento do programa’. Hélder destacou este aspeto, com a seguinte expressão *“...é a pressão, uma pressão enorme, e depois a outra colega já vai três aulas à frente. ‘Então, mas ainda só vais aí?’ e... não sei... é complicadíssimo”* (GF5_He_583).

Outra perspetiva sobre os aspetos organizacionais foi destacada por Ilda. Para esta docente, a planificação de atividades centradas nos alunos é mais morosa do que preparar uma aula expositiva. Contudo, os horários dos professores têm vindo a ser ocupados com questões burocráticas, reduzindo a componente de trabalho não letiva para a realização de trabalho individual, a qual está destinada, entre outras, à preparação das aulas, *“Por isso, nós não nos podemos escudar no tempo, mas a verdade é que quem está acima, devia de perceber que nós, para fazermos as coisas com qualidade precisamos desse tempo, não é?”* (GF7_Il_206).

C- Materiais didáticos

Diversos artigos da especialidade (Jiménez-Aleixandre, 2008; Sampson, 2009; Zohar, 2008) têm vindo a discutir a necessidade de criar materiais didáticos que possam ser aplicados em contexto de sala de aula, com a finalidade de desenvolver a argumentação científica dos alunos. Estas ideias têm emergido devido à constatação de que, por um lado, o assunto ‘argumentação científica’ é de enorme complexidade e, por outro, porque os materiais didáticos dos manuais escolares, por norma, não são adequados àquele fim (Almeida, Figueiredo, & Galvão, 2012). Esta necessidade foi, também ela, debatida no grupo focal. Os professores consideraram que é necessário elaborar materiais especificamente direcionados para a prática da argumentação científica pois, como referiu Telma é imprescindível *“...fazer uma reflexão e de preparar materiais, não é, que suscitem realmente uma boa aula sobre... em que eles possam realmente argumentar, não é?”* (GF6_22_Te). Segundo esta docente, isso é tão mais importante quanto os materiais didáticos canalizam a metodologia a usar pelos professores. No entanto, a construção desses materiais, segundo Alcina, não está isenta de dificuldades. Para esta professora, *“...o mais difícil é conseguirmos a criatividade necessária para*

pensarmos estas tarefas, uma vez que, como refere a literatura, o professor tem tendência a seguir um percurso semelhante àquele em que foi ensinado” (RE_AI). Na tentativa de minorizar as dificuldades encontradas na elaboração dos materiais, Emílio deixou uma sugestão que passa pela

possibilidade de criação de uma rede de colaboração visando a construção de instrumentos válidos para aplicação em contexto educativo, com o propósito de desenvolver competências de argumentação científica (...) tendo como finalidade a produção de um acervo de instrumentos para a melhoria da aprendizagem das ciências (RE_Em).

D – A incerteza e o imprevisto

Os professores revelaram receios em desenvolver práticas de ensino inovadoras que saem fora do seu *‘habitus’*, isto é, de um “sistema de esquemas de perceção e de ação que não está total e constantemente sob controlo da consciência” (Perrenoud, 1997, p. 21). As práticas rotineiras ou automatismos constituem-se, portanto, como situações de ensino estereotipadas, ainda segundo o mesmo autor. Quando surgem contextos de ensino diferentes daqueles onde usualmente se veem envolvidos, nomeadamente, quando se cai fora da busca pela “resposta certa” ou da exposição do conhecimento certo, com recurso a uma pedagogia regressiva (Newton, Driver, & Osborne, 1999), os professores parecem sentir insegurança, pois em atividades de discussão os alunos podem expressar pontos de vista desconhecidos do professor. Este sentimento foi expresso por Alcina, da seguinte forma:

É preciso pensar antes e ter... ter já algumas respostas, não todas porque os alunos depois dão-nos a volta e aparecem com outras coisas que nós não estamos à espera. Mas acho que é muito mais complicado planificar uma atividade ou uma aula assim, do que aquela certinha que sai ali tudo, não é? Porque quando chegamos ali, temos tudo muito direitinho, muito certinho (...) É nós prepararmo-nos para vários caminhos que os alunos podem seguir e estarmos preparados para lhes responder, dentro do possível (GF7_AI_158/160).

Também Telma e Ilda manifestaram a existência de ansiedade sobre a incerteza que se pode gerar em torno da discussão de assuntos científicos, recorrendo à argumentação, pois pode-se cair em algum relativismo conceptual, que não é de todo desejável, sendo mais seguro assumir uma posição dogmática:

242 Telma (Te) – Exatamente, exatamente. Não conseguir controlar depois a... as situações que se vão gerar, se por acaso eu for... por uma metodologia que leva à argumentação e assim, enfim, se eu, se eu... e, e colocar a ciência desta forma que é...

243 Ilda - ... Que é de dogmas, acabou.

244 Te - ...quase como se fosse uma religião é muito, é muito seguro para algumas pessoas, eu penso que, se calhar... (GF1).

E – Resistência à mudança

As mudanças em educação são complexas e levam tempo (Fullan, 2007; Martin, & Hand, 2009). Autores como Fullan (2002, 2007) ou Zimmerman (2006) têm vindo a discutir formas de ultrapassar as barreiras que habitualmente surgem quando se procuram implementar mudanças, quer a nível individual, quer institucional. Os professores do grupo focal referiram que há resistência à mudança no contexto educativo, nomeadamente, da parte dos docentes, sempre que se pretende inovar ou alterar rotinas. Para Hélder,

... Às vezes, [o tempo] não é o condicionador de... disto tudo. Eu acho que, às vezes, também os professores, digo eu, acomodam-se a um método, e depois aquilo é um bocado chapa cinco e, e a mudança é muito complicada. Nesta escola o mais difícil é a mudança, para mudar as mentalidades, é, é muito complicado. (Gf5_He_298).

Também Tânia se tem apercebido destes processos de resistência, tendo referido que *“E é aquele comodismo que há pouco se falou. E a tal não mudança, não querer mudar. Preferem isso [métodos tradicionais de ensino] porque é muito mais cómodo”* (GF5-Ta_307/308). Ao expressarem estas dificuldades, os professores quiseram, também, salientar que os modelos de ensino mais inovadores são mal compreendidos pelos seus pares devido à formação de professores (ou a falta dela), que concorre para o agudizar da referida resistência.

F – Formação de professores

Durante a primeira sessão de grupo focal, Telma e Hélder referiram desconhecer muitos aspetos ligados à argumentação científica, o que limitava as suas práticas neste domínio, como está patente nas seguintes citações: (i) *“...acho que é muito giro nós dizermos ‘ah, eu vou é começar a fazer argumentação’. Mas como? Tipo, acabamos por ter... na formação de... na minha formação académica, não me lembro de falar muito de argumentação”* (GF1_He_136); (ii) *“...eu não sei muito... sobre argumentação, não sei metodologias para desenvolver com os alunos”* (GF1_Te_123). A acrescentar a esta última, podemos ainda apresentar uma afirmação de Telma, no relatório final: *“A primeira [vontade para participar neste grupo focal] nasceu diretamente do facto de ter respondido ao questionário, que me fez pensar pela primeira vez sobre o tema”* (RE_Te). Desta forma, parece-nos que os professores consideraram que a formação contínua não tem contribuído para que os professores se apropriem das ferramentas didáticas necessárias

para que, de forma autónoma, possam promover um ensino de ciências promotor do desenvolvimento de argumentação científica. Este assunto será analisado com mais minúcia na subcategoria – “Formação e desenvolvimento pessoal e profissional dos professores”.

Alguns dos constrangimentos discutidos anteriormente têm sido mencionados em outros estudos. Em Newton, Driver e Osborne (1999), refere-se que os professores consideram que os programas são “pesados” em termos de conteúdos conceptuais, alegando que não há muito tempo para destinar à discussão em sala de aula, pelo que recorrem, por sistema, a um modelo de ensino transmissivo. Estes autores defendem, ainda, que para se ultrapassar a influência conservadora da cultura pedagógica, os professores devem ser convencidos da premência de atuarem como agentes de mudança. Em Sampson (2009) são apontadas como razões mais comuns para a não implementação da argumentação em sala de aula, o défice de conhecimentos pedagógicos e didáticos dos professores e a disponibilidade de recursos limitados que permitam apoiá-los no envolvimento em práticas diferentes das que habitualmente desenvolvem. Também para Driver e colaboradores (2000) e para Zohar (2008), o défice de conhecimento pedagógico dos docentes condiciona o recurso a estratégias que sustentem práticas epistémicas argumentativas.

Em síntese...

(1) Segundo os docentes, a implementação de práticas pedagógicas intencionalmente orientadas para o desenvolvimento da argumentação exige ao professor um afastamento do papel tradicional, de transmissor de informação. O professor deve exercer a função de moderador entre o conhecimento e o aluno e deve ser um agente facilitador do pensamento dos alunos;

(2) Os professores assumiram que recorrem, com frequência, à exposição dos assuntos, ainda que intercalada com momentos de intervenção dos alunos. Contudo, a maioria dos inquiridos, através de questionário, referiu que há nas suas aulas momentos destinados a desenvolver a argumentação científica;

(3) Para os docentes, o padrão de interação triádico I-R-A, por ser muito centrado no professor, não é apropriado ao desenvolvimento de competências de argumentação científica;

(4) Ainda que o trabalho em grupo seja adequado ao desenvolvimento de práticas argumentativas, os professores referiram que ele só deve ser usado se a relação pedagógica com os alunos o permitir;

(5) No questionário, os inquiridos referiram que as suas planificações incluem atividades promotoras de argumentação científica. No entanto, os professores do grupo focal salientaram que essas planificações se centram sobretudo nos conteúdos conceptuais a trabalhar ao longo do ano letivo;

(6) Foram apontados, pelos professores, vários constrangimentos à implementação de um ensino intencionalmente orientado para o desenvolvimento da argumentação científica que foram classificados nas seguintes categorias: (i) a relação pedagógica; (ii) aspetos organizacionais; (iii) materiais didáticos; (iv) a incerteza e o imprevisito; (v) a resistência à mudança e (vi) a formação de professores.

4.1.4.2 – Na perspetiva da aprendizagem

Os resultados obtidos no questionário permitem-nos afirmar que para a maioria dos professores inquiridos, o diálogo entre alunos, na sala de aula, é fundamental para o desenvolvimento da argumentação científica (Figura 25). Efetivamente, a afirmação do item 52 - “O diálogo entre os alunos, na sala de aula, é essencial se se pretender que os mesmos desenvolvam a argumentação científica” mereceu a concordância, total ou parcial, de 91,7% (187), tendo, somente 8,3% (17) dos professores da amostra manifestado algum nível de discordância relativamente à mesma.

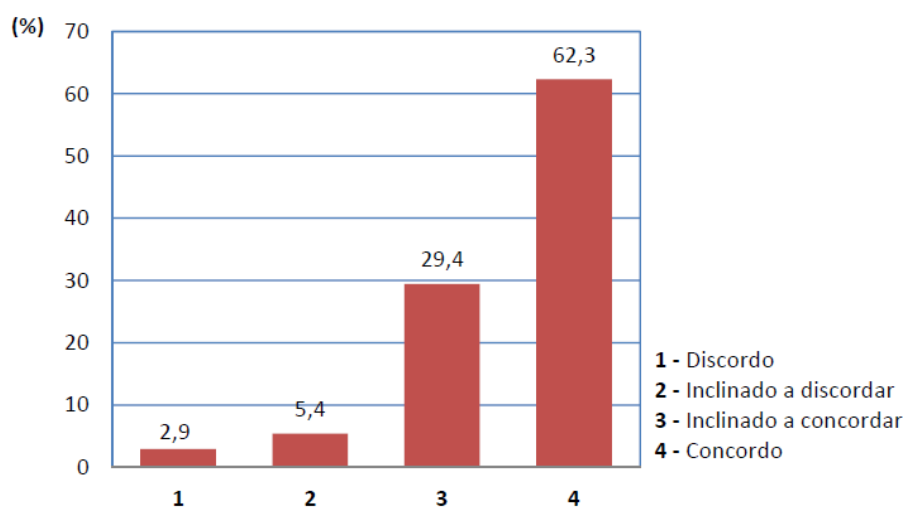


Figura 25 – Frequências relativas das respostas ao item 52. do questionário.

Os participantes do grupo focal apoiaram a referida afirmação. Salientaram que para desenvolverem as competências associadas ao processo de argumentação científica, os alunos têm que adotar um papel ativo nas aulas. Segundo os referidos docentes, o diálogo entre alunos é relevante para a troca de ideias, podendo até contribuir (i) para questionar a validade de enunciados, (ii) para o surgimento de novas ideias sobre os temas abordados em aula e (iii) para alterar posições dogmáticas.

Porém, segundo Hélder, os alunos nem sempre se reveem nesse papel pois *“eles chegam ao 10.º ano, eles vêm muito passivos, acho eu. Eles querem é estar calados”* (GF1_He_326). Para este e outros docentes, as aulas dever-se-iam regular por um contrato didático inovador (Brosseau, 1988; Schubauer-Leoni, 1986), cujas normas reguladoras atribuísem aos alunos a possibilidade de “expor e defender ideias, identificar e apresentar resultados de pesquisa, conseguir analisar e resumir...” (RE_Fa). Parece-nos, contudo, que para tal, o próprio professor tem de assumir um papel coerente com esse mesmo contrato didático, assumindo um papel de orientador e de facilitador das aprendizagens, tal como foi referido anteriormente.

Emílio atribuiu aos alunos um outro papel relevante e central na aprendizagem, na linha do que tem sido afirmado por autores como Berland e Lee (2010) : *“Os alunos têm que ter uma forma de obter evidências daquilo que estão a estudar... para poderem construir a sustentação do que se pretende”* (GF5_Em_460). Aqueles investigadores desenvolveram um estudo sobre a influência que a recolha de dados pelos próprios alunos, do ensino básico, tem sobre as aprendizagens, tendo concluído que é mais provável que eles se sintam desafiados a assumir um papel crítico quando recolhem as evidências empíricas do que se estas lhes forem fornecidas pelo professor, sendo, nesta perspetiva, de valorizar o comentário de Emílio.

Vários professores mencionaram, ainda, que o papel ativo que os alunos devem desempenhar em contextos argumentativos passa por se mostrarem envolvidos nas atividades a desenvolver em aula, para que possam colocar questões ou apresentar soluções, sendo manifesta a quase ausência à referência explícita ao papel que os alunos devem exercer na avaliação, crítica, justificação e sustentação de enunciados com base em evidências (Jiménez-Aleixandre, 2008). Parece, pois, existir aqui uma conceção simplista sobre o que se pretende do papel dos alunos enquanto agentes pró-ativos no desenvolvimento das suas competências de argumentação científica, destacando-se o envolvimento na execução de tarefas e na participação oral nas aulas mas não

problematizando esse papel face às práticas de argumentação que se pretendem implementar em aula.

Ainda que julguem relevante o desenvolvimento de competências complexas pelos alunos, em que se incluem o saber argumentar cientificamente, os professores consideraram que eles apresentam dificuldades em mobilizá-las em contextos apropriados e que os alunos com problemas de aprendizagem dificilmente desenvolvem competências de argumentação. Esta afirmação tem por base dados obtidos através das respostas aos itens 44 e 50 do questionário (Figura 26).

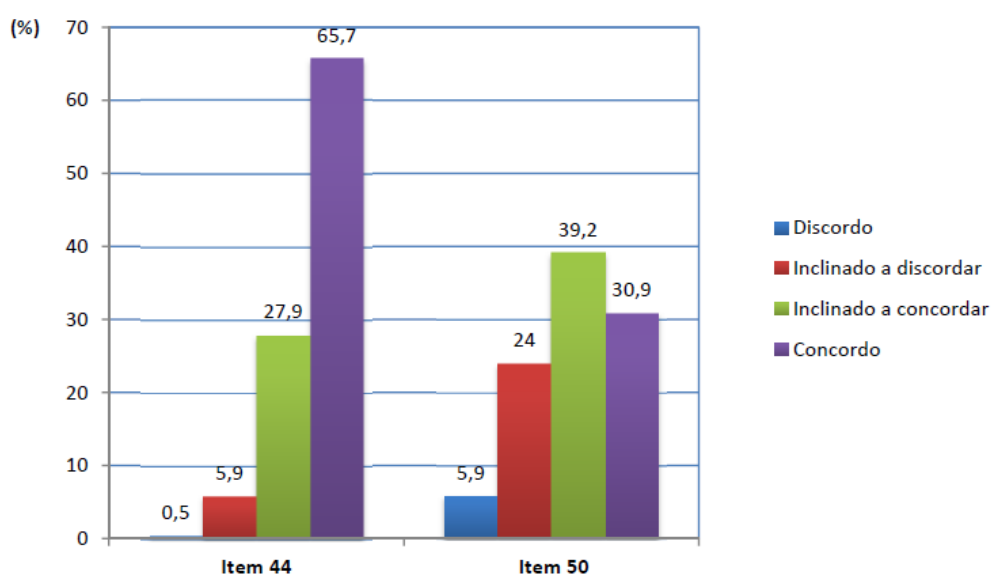


Figura 26 - Frequências relativas das respostas aos itens 44. e 50. do questionário.

Em relação ao primeiro daqueles itens (44), cuja afirmação era “Os alunos apresentam dificuldades em argumentar”, num total de 204 respostas, apenas 13 docentes, correspondente a 6,4% da amostra, discordaram ou inclinaram-se a discordar, tendo os restantes 93,6% (191) concordado, total ou parcialmente, com a citada afirmação. Já o item 50, que pretendeu relacionar os problemas de aprendizagem com a dificuldade dos alunos em desenvolver competências de argumentação, não mereceu um nível tão elevado de concordância. Assim, 29,9% (61) dos inquiridos manifestaram, de alguma forma, o seu desacordo com a afirmação, ainda que a maioria da amostra, 70,1% (143), tenha aceitado a relação estabelecida na mesma.

Na sequência desta análise, os docentes do grupo focal identificaram vários constrangimentos para a implementação de práticas pedagógicas intencionalmente promotoras do desenvolvimento de argumentação científica, ainda que agora relacionados com a aprendizagem dos alunos. Foram focadas quatro classes principais de

constrangimentos, que se analisam de seguida: (1) fragilidades no desenvolvimento de competências dos alunos; (2) o contexto sociocultural; (3) o desenvolvimento cognitivo dos alunos e (4) a avaliação externa.

A – Competências dos alunos

Os professores consideraram que muitos alunos progridem para o ensino secundário sem que tenham apropriado um conjunto nuclear de conhecimentos científicos e sem terem desenvolvido as competências que estão previstas nos documentos oficiais, nomeadamente, no Currículo Nacional do Ensino Básico³ - CNEB (Ministério da Educação, 2001). De entre estas, foram referidas, na generalidade, as competências do domínio do raciocínio: os alunos manifestam dificuldade em mobilizar o pensamento crítico, nomeadamente, em problematizar e questionar a realidade onde se inserem, bem como em argumentar. Para Emílio, os alunos atingem o ensino secundário sem terem desenvolvido as competências procedimentais necessárias ao prosseguimento dos estudos:

Quando recebemos os alunos no 10.º ano, notamos as competências que eles não têm. Nunca viram... nunca fizeram uma prática... sem ser completamente demonstrativa, o professor a fazer e a mostrar como é, porque não... não há tempo na... na gestão. Portanto, eles não... eles vêm sempre com aulas expositivas (GF6_Em_117).

Em relação às aprendizagens no domínio das competências de conhecimento, a maioria dos professores salientou, fundamentalmente, as relativas ao conhecimento substantivo (ou do domínio conceptual, de acordo com a terminologia que consta nos programas do ensino secundário). Para Fátima, os alunos não adquirem os conhecimentos científicos previstos nas Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais (Galvão et al., 2001), o que dificulta as aprendizagens a partir do 10.º ano. Hélder responsabilizou a escolaridade dos alunos no 3.º ciclo por tal situação: *“O problema é o ensino para trás, do sétimo ao nono...[ano]”* (GF6_He_86).

Para Alcina e Telma, outro dos constrangimentos em desenvolver práticas que promovam o desenvolvimento da argumentação, prende-se com as dificuldades que os alunos possuem no uso da linguagem comum e científica. Segundo estas docentes, os alunos não se expressam de forma correta, quer oralmente, quer por escrito, e têm

³ O CNEB, revogado pelo Despacho n.º 17169/2011, de 12 de Dezembro, ainda se encontrava em vigor no período de realização das sessões de grupo focal.

dificuldades em interpretar textos. Logo na primeira sessão do grupo focal, Alcina referiu que

Os alunos chegam-nos ao 10.º [ano] muito, muito... muito, passe a expressão, muito, pronto, muito fechados, não sabem... escrever! *‘A professora... ai, a professora é tão, tão complicada, tão aborrecida. Então não, não percebe o que nós aqui estamos a dizer? Não?’* Não, quer dizer, eles escrevem mal. No outro dia, uma frase tinha o presente, tinha o futuro (*sorrisos*), tinha o passado na mesma frase... pronto, fazer-lhes ver que, logo a nível do português, não é assim, é complicado, eu é que sou a chata (GF1_AI_104).

Num momento posterior, esta professora reforçou esta mesma ideia, ao dizer que *“Os alunos, pelo menos, falo deste ano, do 10.º ano, eles nem escrever quase sabem, perceber é um horror...”* (GF5_AI_63). Sobre as dificuldades dos alunos em apropriar e em usar a linguagem coloquial e científica, Telma relatou uma situação ocorrida numa das suas aulas:

Acho que não contei isto aqui ainda... porque realmente acontece que, às vezes, alguns deles [*alunos*] não se apropriam e não percebem porque é que estão a fazer, não é? Então, uma atividade de Geologia... quando... quando... quando tínhamos técnicas laboratoriais, eu dava-lhes um protocolo e era para analisar a questão, que é muito complicada, pelo menos para mim é e deduzo que para eles também, da clivagem, da fratura, quando é que cliva, quando é... como é que se pode identificar superfícies de um tipo e de outro e tal. E portanto, eu tinha uma atividade e então punha lá uma série de coisas e então era tipo: «insira um canivete na, numa amostra de mica, pressione e registe o que acontece... com um martelo dê uma pancada num *trarara*.» E depois tinha assim: «partindo dos seguintes pressupostos...» e depois lá punha: «o mineral cliva quando não sei quê e não cliva quando *trarara*... conclua...» já não sei o que era. Então depois tinham que fazer um relatório. Uma das miúdas põe, no procedimento põe: «inserir...inserimos a lâmina do canivete, *trarara*, demos uma pancada com ele, partimos os pressupostos.» Ok, tanta pancada, tanto canivete, tanto martelo... partimos os pressupostos. (GF7_Te_141).

É de ressaltar que diversos relatórios do GAVE sobre os exames nacionais têm destacado estas dificuldades. A título de exemplo, o relatório do ano 2010, refere que

De modo geral, é possível concluir que os baixos níveis de desempenho estão muitas vezes associados a fragilidades no domínio da compreensão e/ou expressão escrita, que dificultam a seleção e a análise de determinados suportes e, obviamente, a produção de texto escrito organizado com correção formal e de conteúdo” (GAVE, 2010).

Para procurar colmatar estes problemas, e *“treinar as competências da oralidade”* (GF6_II_59), Ilda afirmou que, por vezes, promove debates para que os alunos possam *“passar para a palavra aquilo que pensam”* (GF6_II_59), ainda que, frequentemente, os alunos se refugiem na expressão ‘eu sei mas não consigo explicar’.

B – Contexto sociocultural

Ainda que não tenha existido consenso no seio do grupo focal, relativamente às condicionantes que o contexto sociocultural dos alunos pode ter na implementação de práticas que envolvam os alunos na argumentação científica, Tânia salientou esta dimensão no seu discurso:

...tem sempre a ver com o tipo de turma, dos alunos que tenho à frente. A Alcina há bocadinho estava a dizer o contexto social, eu acho que tem muita importância. O tipo de alunos que estão habituados... então a nível do secundário nota-se muito. Aqueles que estão habituados a ler, a ir ao cinema, a ir ao teatro, ir aqui, acolá, (...) portanto, têm uma bagagem muito... Uma bagagem muito maior e consegue-se fazer muito mais e nós saímos dali satisfeitos. Enquanto que os outros, se dependem... nós temos que estar ali um bocadinho, a picar, pronto (GF6_Ta_73/75)

A professora explicitou, posteriormente, que o contexto sociocultural não deve ser, no entanto, impeditivo de procurar desenvolver nos alunos as competências de argumentação, ainda que sinta que o envolvimento dos alunos em práticas que procuram promover este tipo de competências é afetado por aquela condição. Segundo a professora, esta influência relaciona-se com a forma como os alunos se exprimem. Desta forma, os alunos oriundos de grupos socioculturais mais favorecidos *“exprimem-se de outra forma, têm uma certa segurança até porque estão habituados a falar em casa com o pai, com a mãe (...) portanto, acho que é mais enriquecedor”* (GF7_Ta_81).

Estas afirmações de Tânia encontram eco em algumas investigações nacionais que se têm “centrado no estudo da relação entre discursos e práticas da família e da escola e o desenvolvimento científico, social e afetivo dos alunos” (Morais et al., 2000, p. 19). A partir de um conjunto de investigações que procurou, entre outros objetivos, determinar a influência de fatores sociológicos do contexto familiar sobre o aproveitamento escolar em ciências, de crianças de meios socioculturalmente desfavorecidos, as autoras concluem que

O nível profissional dos pais/mães e a intervenção das mães em agências de oposição ou de reprodução cultural, assim como a leitura que estas fazem de livros e jornais, revelaram-se fatores que parecem ter influência mais significativa no sucesso escolar dos alunos a nível de competências cognitivas complexas, sendo as crianças cujos pais estão situados num nível profissional mais elevado e em que as mães têm maior envolvimento social/cultural que têm melhor aproveitamento neste tipo de competências (Morais et al., 2000, p. 558).

C – Desenvolvimento cognitivo

O desenvolvimento cognitivo dos alunos influencia o seu envolvimento em práticas de argumentação científica, segundo os professores do grupo focal. Para Fátima, *“a argumentação também pressupõe determinadas estruturas que eles não têm completamente desenvolvidas. Eu penso que é preciso uma abstração, uma teorização...”* (GF6_Fa_80). Esta professora, tal como Tânia, defenderam que diversos alunos do 10.º e, até mesmo, do 11.º ano não têm estruturas cognitivas suficientemente desenvolvidas que lhes permitam aceder a um pensamento complexo, que associaram às competências de argumentação. Contudo, nem todos os professores concordaram com estas afirmações, pois, segundo Emílio, na educação de nível secundário não se justifica que isso seja considerado um constrangimento, tendo em conta que os alunos já têm idades iguais ou superiores a 14 anos.

Procurámos, ainda, compreender se os professores achavam que nos níveis de educação básica não se deveriam propor atividades que envolvessem os alunos na argumentação, atendendo aos pressupostos apresentados. Nesse momento, Fátima moderou o seu discurso, acabando por afirmar que *“As crianças mais novas têm [capacidade de argumentação], mas é a um nível diferente. A capacidade de argumentação vai-se construindo”*. (GF6_Fa_88), dando a entender que essas atividades poderiam ser desenvolvidas mas com uma exigência cognitiva mais baixa. Esta posição pode ser apoiada por estudos psicossociais que têm vindo a afirmar que em crianças a partir dos sete anos começa a haver a possibilidade de emergência de competências de argumentação, pois a capacidade de descentração permite-lhes distinguir o “eu” do “mundo” e, dessa forma, perceber o “meu” discurso como apenas um no meio de outros, ainda que a maturidade no domínio dessas competências seja mais provável por volta dos 16/17 anos (Mirza et al., 2009).

D – Avaliação externa

No final do 11.º ano de escolaridade, para efeitos de aprovação, os alunos têm, obrigatoriamente, que realizar um exame nacional na disciplina de Biologia e Geologia. Os professores consideraram que este é um dos fatores que mais contribui para limitar as práticas de argumentação científica em aula, uma vez que as aprendizagens conceptuais são fundamentais para a obtenção de um resultado satisfatório na prova de exame. Telma acusou a pressão que sente para abordar os conteúdos conceptuais de forma mais

aprofundada do que a prevista nos programas e Hélder mencionou, também, a tensão que sente ao afirmar, *“Eu acho que temos um bocado a pressão do exame, é sempre aquela que, discreta, anda sempre em cima da cabeça, anda sempre cá em cima...”* (GF5_He_583). Mais uma vez, ressaltamos que no discurso dos professores parece existir a ideia de dois currículos, um de conteúdos conceptuais e outro que é orientado para o desenvolvimento de competências, que existem em paralelo mas com entrecruzamentos meramente pontuais. Os exames ao salientarem a dimensão conceptual do conhecimento obrigam, de acordo com os docentes, a reduzir as experiências educativas que os professores consideram apropriadas para desenvolver as competências previstas nos programas.

Há, ainda, a considerar que os resultados dos exames são atualmente usados, no contexto de uma educação tecnocrática (Newton, Driver, & Osborne, 1999) e de tendência neoliberal, para determinar a classificação das escolas no âmbito da avaliação externa que é realizada pelos serviços centrais do Ministério da Educação e Ciência, já para não falar nos propalados *‘rankings’* que todos os anos são divulgados pelos órgãos de comunicação social e que ordenam os estabelecimentos de ensino em função desses mesmos resultados. Assim, não admira que “as escolas e os professores atribuam uma grande ênfase às atividades de aprendizagem que contribuem para aumentar os resultados dos testes” (Newton, Driver, & Osborne, 1999, p. 571) e deixem para segundo plano outro tipo de atividades que contribuem para o desenvolvimento de competências procedimentais ou atitudinais, para além das conceptuais.

Em termos de avaliação interna dos alunos, os professores referiram que aplicam instrumentos tradicionais como os testes escritos, mas também recorrem a outros como portefólios e grelhas de observação, que consideram mais apropriados para avaliar competências de argumentação. Alcina constrói grelhas que incluem vários parâmetros como a pertinência do assunto, a qualidade da comunicação à turma, a correção científica do discurso oral dos alunos, entre outros. Contudo, admitiu que tem muita dificuldade em determinar o nível de desempenho para cada um dos parâmetros, pois são muitos os alunos que integram uma turma e efetuar uma avaliação justa e exequível é bastante complexo. A juntar a esta complexidade, outra professora – Tânia – referiu a subjetividade como um elemento dissuasor da utilização das grelhas de observação, pelo que não as utiliza de forma sistemática, a não ser no contexto de apresentação de algum trabalho em grupo, mais formal.

Apesar de percecionarem os exames como elementos potencialmente limitadores da implementação, em aula, de práticas argumentativas, os professores do grupo focal consideraram-nos como instrumentos que, também, avaliam a argumentação científica dos alunos, contrariamente ao defendido pela maioria dos respondentes do questionário, conforme se pode observar pela leitura dos resultados expressos na Figura 27, relativos ao item 48 – “Os exames nacionais não avaliam as competências de argumentação científica”.

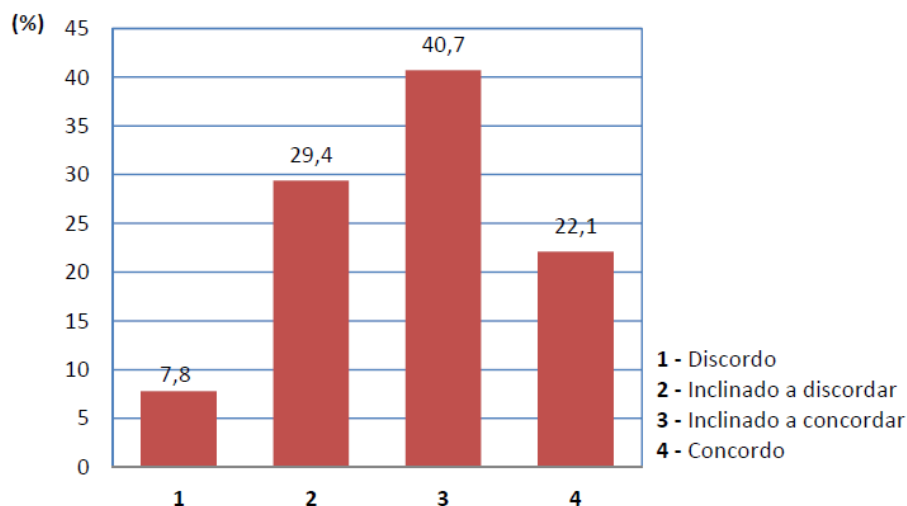


Figura 27 – Frequências relativas das respostas ao item 48. do questionário.

Um total de 45 respondentes, ou seja, 22,1% da amostra, concordou com a afirmação do item 48 e 40,7% (83) dos inquiridos mostraram alguma concordância com a mesma. Para pouco mais de 37% (76) da amostra, os exames permitem, de certa forma, avaliar competências de argumentação dos alunos, tal como foi manifestado pelos participantes do grupo focal. Para estes docentes, as questões remetem, neste caso, não para uma discussão em torno de hipóteses alternativas que permitem explicar um fenómeno mas para o uso de provas ou evidências no apoio a enunciados científicos. Segundo Telma,

Em termos das provas de exame, tem sempre, uma, uma questão aberta, mais ou menos, em cada, em cada grupo. E que... em que eles têm que argumentar, no fundo, muitas vezes, não é, portanto, está lá uma ideia que eles têm que fundamentar, com base nos dados. (GF2_Te_316).

De acordo com os docentes o item 7, do grupo II, da prova da 1ª Fase do ano de 2010 (Apêndice XVI) é um exemplo que sustenta o que pretenderam afirmar, pois recorrendo a evidências empíricas, os alunos tiveram que decidir se os dados disponíveis

permitiam concluir, ou não, sobre a influência da temperatura e da salinidade do meio na eclosão dos ovos de dormência de *Brachionus calyciflorus*⁴.

Para Emílio, outros exemplos poderiam ser utilizados pois,

...hoje em dia, os exames fazem sempre uma contextualização. Porque a primeira coisa que fazem é que têm um documento suporte... com um conjunto de questões. Portanto, tendo ali uma contextualização, já... facilita essa... essa... essa situação. E depois tem sempre uma questão, pelo menos uma, que é uma questão que exige que haja argumentação, que o aluno sustente uma determinada posição relacionada com qualquer coisa que está no documento. E portanto, nessa perspectiva, acho que está a avaliar competências de argumentação. (GF7_Em_587).

Contudo, atendendo às respostas ao questionário, os professores não consideraram relevante o peso que nos exames é consignado à mobilização de competências de argumentação científica, o que pode levar à menorização de práticas que as procurem promover. Desta forma, como referem Miri, David e Uri (2007),

os professores tendem a atribuir mais tempo e a investir um maior esforço na preparação dos seus alunos para estes exames através de rotinas, técnicas, algoritmos, exercitando problemas semelhantes aos esperados nestes testes e investindo menos tempo em atividades que possam promover o pensamento de nível elevado” (p. 360).

Em síntese...

(1) De acordo com os docentes, os alunos devem ser protagonistas da sua aprendizagem, construtores do seu conhecimento, se se pretender que desenvolvam a argumentação. Porém, não emergiu uma real problematização sobre o papel que os alunos devem assumir num contexto de aprendizagem específico de promoção da argumentação científica (avaliação crítica, justificação e sustentação de enunciados com base no uso de provas);

(2) O diálogo entre alunos é fundamental se se pretender introduzir atividades de argumentação, em sala de aula;

(3) Segundo os docentes, os alunos têm dificuldades em argumentar e os que possuem problemas de aprendizagem dificilmente desenvolvem competências de argumentação científica:

(4) As lacunas que os alunos apresentam no desenvolvimento de competências, o contexto sociocultural e o desenvolvimento cognitivo dos alunos, bem como a avaliação externa foram eleitos como os principais constrangimentos a uma aprendizagem das ciências intencionalmente orientada para o desenvolvimento da argumentação científica.

⁴ Rotífero de água doce.

4.1.4.3 – Tarefas e atividades

Baseados no pressuposto de que as tarefas são um elemento necessário, ainda que não suficiente, para a construção de um ‘desenho argumentativo’ (*argumentative design*) (Andriessen e Schwarz, 2009) de uma aula ou conjunto de aulas orientado para o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos, procurámos que os professores identificassem os atributos que as caracterizam.

De acordo com os docentes, nem todas as tarefas se adequam à promoção da argumentação científica em aula. As tarefas que envolvem atividades de debate (como o jogo de papéis) ou discussão são as que mais facilmente permitem que os alunos mobilizem as competências de argumentação, sendo que *“as outras têm que ser feitas nesse... com essa... para desenvolver essa competência. Não é adquirido que elas tenham necessariamente [essa função]”* (GF6_Fa_417). Segundo Ilda, muitos exercícios realizados nas aulas exigem respostas muito simples, quase óbvias, pelo que não são próprios para o desenvolvimento da argumentação. São tarefas que estão orientadas para a reprodução de factos, conceitos científicos, sem preocupação de os relacionar com as evidências que suportam a sua génese.

A opinião dos participantes do grupo focal coincide com a da generalidade dos inquiridos através do questionário. Quando se pronunciaram acerca da afirmação do item 55 – “A discussão entre os alunos é a atividade mais adequada para o desenvolvimento da argumentação científica” – a maioria dos respondentes, correspondente a 75,9% (164) do total da amostra, decidiu dar o seu aval, totalmente ou em parte, ao citado item (Figura 28), enquanto 24,1% (49) consideraram que haverá outro tipo de atividades mais ajustadas àquela finalidade, por terem discordado do mesmo.

Sobre as características das tarefas, os professores consideraram que elas devem (1) partir de questões; (2) prever um período de pesquisa para os alunos *“se apropriarem das provas que são suficientes para suportar um determinado conceito”* (GF6_Em_427); (3) contemplar a resposta aos ‘porquês’ e (4) despertar a motivação dos alunos, para os envolver em processos argumentativos.

As atividades práticas, entendidas como “atividades de ensino das ciências, operacionalizadas em diversificadas ações, realizadas no espaço escolar ou no seu exterior, implicando que o aluno seja um sujeito ativo no seu próprio processo de aprendizagem” (Bonito, 2012, p. 152), foram focadas, pelos professores, como as mais

adaptadas à implementação de práticas promotoras de argumentação científica. De entre elas, foram citadas as atividades de pesquisa e as de laboratório, com ou sem carácter experimental.

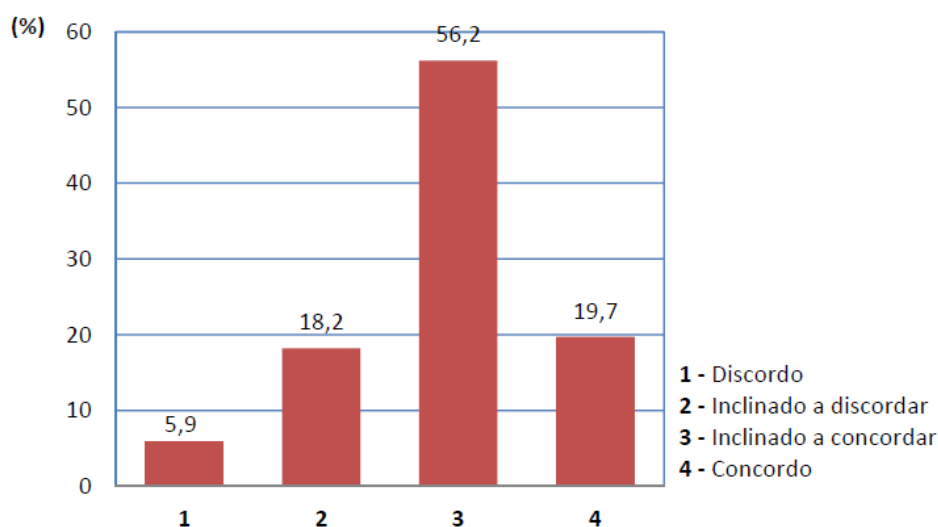


Figura 28 – Frequências relativas das respostas ao item 55. do questionário.

Segundo os professores, todas estas atividades são, por eles, implementadas ao longo de um ano escolar, ainda que “Em muitos casos, os professores realizem atividades sem estarem muito cientes de quais as competências que querem verdadeiramente testar” (RE_He), o que permite depreender que, para Hélder, as tarefas construídas e as atividades a elas inerentes nem sempre são planeadas com a consciência da necessidade de desenvolver, nos alunos, um conjunto de competências procedimentais ou atitudinais, mas tão-só com a finalidade de procurar vias de, mais facilmente, contribuir para a apropriação dos conteúdos conceptuais, apoiando, assim, a posição de Santos (2007) quando afirma que

Os professores consideram que se subestima a aquisição de conhecimento científico ao promover o desenvolvimento de competências e criticam as experiências educativas propostas [nos currículos] por desvalorizarem a transmissão de conhecimentos científicos e valorizarem experiências de aprendizagem mais centradas nos alunos (p. 75).

Contudo, houve docentes que assumiram aquela intencionalidade, como se denota nas palavras de Ilda, ao afirmar que desenvolve debates em aula para “*treinar as competências da oralidade*” (GF6_II_59). Este tipo de atividade prática – os debates – foi, aliás, um dos mais citados pelos docentes, como propiciadora do desenvolvimento da argumentação. Ilda deu um exemplo de uma tarefa que construiu e que permitiu aos alunos pesquisar e debater, através de um jogo de papéis, as vantagens e os inconvenientes da utilização de energia nuclear, como consta da seguinte intervenção:

A utilização... vantagens e inconvenientes da utilização da energia nuclear. E, aqui há uns tempos, não sei se vocês se lembram, houve uns empresários portugueses, o 'X' e não sei quê... que queriam ir para a frente... e então, o Expresso, nessa altura, publicou uma página, um artigo grande sobre isso, e tinha um... um quadro resumo que dizia «vantagens e inconvenientes da energia nuclear». E eu recortei essa coisa e pus nos meus arquivos. Depois, quando estava a abordar os problemas dos recursos naturais e da... do energético, não sei quê... fiz o seguinte, peguei nesse, nessa tabela que tinha vantagens e inconvenientes da utilização da energia nuclear e cortei a meio... quer dizer, fiz várias fotocópias e plastifiquei e não sei quê e depois cortei a meio, ou seja, havia uma tira que era só vantagens e havia outra tira que era só inconvenientes e havia umas que tinham as duas coisas... e depois de abordar o problema com os alunos... ah, entretanto, para atualizar aquilo, na parte de trás da tira que tinha vantagens, fui buscar pequenos artigos de... que saía na internet ou no jornal sobre vantagens de... mas mais atuais, e nos inconvenientes, a mesma coisa. Fiz isto na aula... nas aulas em que eles estavam em turnos e dividi a turma... a turma dividiu-se espontaneamente, quem é que queria falar a favor, quem é que queria falar contra e, e havia uns que estavam indecisos, esses ficaram a fazer outra tarefa. E então, aos que queriam falar a favor eu dei a tira das vantagens mas não dei a dos inconvenientes e os artigos não sei quê. E à outra, o inverso. E aqueles que não estavam muito interessados em discutir campos iam fazer as perguntas. Aquele clássico debate ou *role-playing* ou o que é que é. E então, esses seriam, enfim, o papel de jornalistas que teriam as duas versões e iam fazer algumas perguntas sabendo eles já as duas alternativas. E eles depois, construíram uma espécie de um debate em que lhes era... viam as duas faces de uma moeda, por argumentação. Claro que eles também faziam uma mini pesquisa porque isto era naquelas aulas de três horas, não dava para muito mais. Pronto, e ali eles tiveram essencialmente que exercitar a sua capacidade de raciocínio e de argumentação perante... aqueles que tinham as vantagens não sabiam as desvantagens, e os das desvantagens iam argumentar. E então eles de repente, entre aspas, teriam que raciocinar sobre aqueles fatores que não estariam a contar, e vice-versa. Pronto, não se chegou a conclusão nenhuma. Enfim, como é óbvio. Mas o meu objetivo nessa altura era mais pô-los a falar (GF7_II_86).

Sublinhamos, aqui, a necessidade que Ilda sentiu de salientar que houve uma intenção de levar os alunos a falar, a argumentar, aliada à abordagem de conteúdos conceptuais que a professora associou à controvérsia sociocientífica que serviu de base à construção da tarefa.

No questionário, ao item 59 correspondia uma afirmação que relacionava o trabalho experimental com a argumentação científica – “Os trabalhos experimentais não são apropriados para o desenvolvimento da argumentação científica nos alunos”. Os resultados obtidos – Figura 29 – são claros ao indicarem que os professores discordaram, na sua grande maioria, com a referida afirmação. De um total de 202 inquiridos que responderam a este item, 86,6% (175) manifestaram a rejeição, total ou parcial, da mesma, enquanto os restantes 13,4% (27) consideraram, de certa forma, que os trabalhos experimentais não são adequados para desenvolver competências de argumentação.

A posição dos professores do grupo focal coincidiu com a da maioria dos inquiridos, ressaltando, contudo, que as atividades experimentais de investigação ou resolutorias de problemas (Bonito, 2001) são mais potenciadoras do desenvolvimento da argumentação científica.

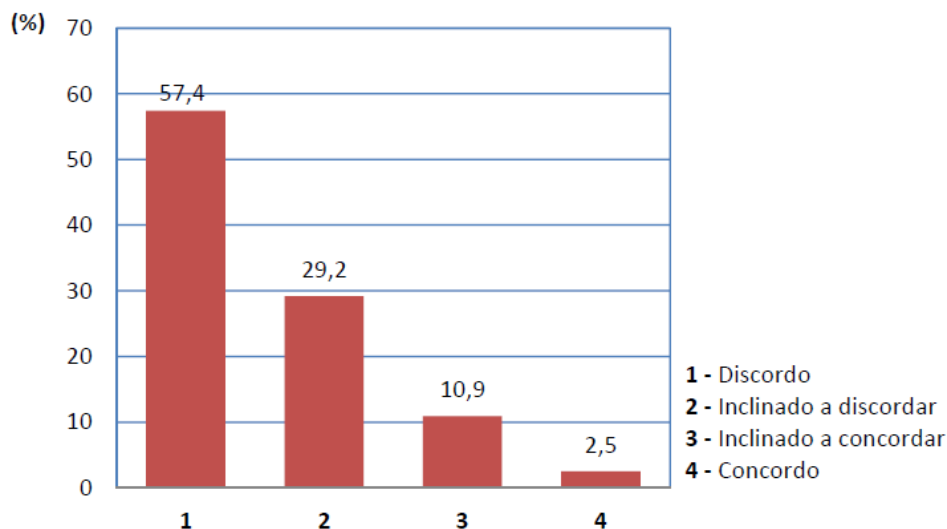


Figura 29 – Frequências relativas das respostas ao item 59. do questionário.

De acordo com os docentes, o recurso a atividades experimentais tradicionais e repetidas até à exaustão têm a capacidade de gerar práticas que condicionam a própria recetividade dos alunos à exploração de outras possibilidades de investigação. Ilda referiu que gosta de implementar atividades laboratoriais do tipo *'hands-on, minds-on'*, que exigem que os alunos não se fiquem pela simples manipulação dos materiais, mas onde *"tem de haver a parte do raciocínio. Mas isso, às vezes, é difícil porque eles gostam de manipular, mas depois não se pode ficar por ali"* (GF7_II_119), pelo que os alunos resistem em exercitar capacidades de pensamento científico, por estarem acomodados a práticas laboratoriais rotineiras, que os levam a cumprir um receituário e a aceitar as evidências como óbvias, sem questionar procedimentos e resultados.

Assim, para os participantes do grupo focal, as atividades laboratoriais devem ser enquadradas no contexto da resolução de problemas e explorar a dimensão processual de uma investigação e não devem ficar somente pela manipulação de materiais, pelo exercitar de técnicas laboratoriais e obtenção de resultados expectáveis (Hodson, 2000), a fim de potenciar o desenvolvimento de argumentação pelos alunos. Desta forma, para os professores não é linear que a execução de uma atividade laboratorial ou experimental, pelos alunos, promova o desenvolvimento da argumentação. Isto mesmo foi explicitado por Emílio e Alcina, tendo esta professora mencionado que

Se for, está aqui a receita e segue, e não há discussão, não há mais nada, o que também acho difícil mas... se for assim, se calhar não desenvolve grande argumentação científica. Agora, se eles forem questionados, confrontados com situações que têm que responder, nem que seja

porque é que o corte que demos na cebola foi assim tão fininho, eu acho que aí começa-se sempre a desenvolver. (GF_AI_249).

Ainda que não nos pareça que a situação referida no final da afirmação de Alcina, seja fortemente potenciadora de argumentação científica, consideramos relevante a crítica que a professora fez às atividades laboratoriais ou experimentais, tipo receita, que se utilizam, fundamentalmente, para “verificar ou comprovar um determinado conceito ou princípio já estudado ou repetir uma determinada experiência já realizada por outrem” (Bonito, 2001, p. 125), sem envolverem os alunos na investigação, que inclui a problematização, a elaboração de hipóteses e o planeamento da experiência a executar, elementos importantes na mobilização da argumentação (Andriessen, & Schwarz, 2009).

Como já referimos, os professores sublinharam a importância de as tarefas promotoras de argumentação científica, contemplarem questões que favoreçam o envolvimento dos alunos na sua mobilização. Para tal, os docentes referiram que essas questões devem (1) levar à análise e reflexão sobre dados científicos, (2) promover o uso do raciocínio e (3) ser abertas, características estas que estão quase ausentes das perguntas que emergem no discurso, oral ou escrito, da sala de aula (Almeida, 2007; Lemke, 1997; Newton, Driver, & Osborne, 2001). Por questões abertas, os docentes entenderam todas as que podem apresentar os seguintes atributos: não devem ter uma resposta única, nem imediata e devem favorecer as capacidades de pensamento dos alunos.

Segundo autores como Andriessen e Schwarz (2009), a argumentação em contextos científicos é um processo exigente, pelo que no desenho das tarefas se deve ter em conta a necessidade de partir de situações que motivem os alunos. Para Emílio, uma tarefa para motivar os alunos deve conter “*Qualquer coisa que tenha a ver com os seus [dos alunos] contextos*” (GF7_Em_289). Tânia acrescentou a essa característica o ser “*atual. Que oiçam falar via... através da comunicação social. O que lhes diz alguma coisa*” (GF7-Ta_291/295). A contextualização dos assuntos científicos ganhou relevo na voz de alguns docentes, como evidenciámos. No entanto, houve professores que manifestaram dificuldades em construir um enquadramento contextual para determinados temas científicos que constam dos programas:

às vezes consegue-se agarrar mais, pelo menos, uma percentagem, maioritária da turma, utilizando assim um... uma estratégia qualq... um estratagema. Ao fim e ao cabo, acaba por ser um estratagema, não é? Para depois entrar nas coisas mais complicadas, mas eu acho que, a nível da Biologia do 10.º ano, é muito complicado arranjar contextos para aquelas coisas todas (GF7_Em_354).

Emílio vê a contextualização dos assuntos científicos ou a construção de um cenário, na perspectiva que o projeto PARSEL⁵ lhe dá (Galvão, Reis, Freire, & Faria, 2011), como algo que torna a tarefa mais relevante para os alunos, do ponto de vista social e pessoal, facilitando as aprendizagens e permitindo avançar para a abordagem de conteúdos mais complexos, partindo de relações que se podem estabelecer entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (Membiela, 2011). Porém, advogou que há temas, em particular no programa do 10.º ano onde essa contextualização é obstaculizada pela falta de relevância que têm para o quotidiano dos alunos. Ilda foi a docente que mais se insurgiu sobre este assunto. Segundo a professora, os alunos sabem que têm que obter a aprovação nas disciplinas e que isso traz dificuldades associadas, pois a área das ciências aborda assuntos que são complexos, por natureza. Desta forma, Ilda destacou que,

Isso lamento mas não temos que ser escravos. Se estivermos a falar do secundário, eles vão para a universidade, alguns, não é? Ninguém vai lá a andar a fazer o pino. E há cadeiras que são horríveis e a gente tem que as fazer (...) eu tento também fazer essas coisas todas mas há determinadas matérias que tenho dificuldade (...) Eu muitas vezes digo não há volta a dar, eu já não consigo dizer isto de outra maneira. Agora o que é preciso é sentarem-se e estudar e depois apontar as coisas que não sabem. Porque nós não temos que fazer tudo. (GF7_II_313/321).

A professora parece que se vê impelida a ter que contextualizar os assuntos científicos porque se trata de uma “moda” ou *“fait-divers”*, que está recomendada nos programas das disciplinas de ciências, mais do que uma necessidade para tornar a aprendizagem das ciências relevante. Efetivamente, ao referir que *“Ninguém lá vai andar a fazer o pino”*, a professora tentou desvalorizar o recurso ao enquadramento contextual dos assuntos científicos (e, por consequência, nas tarefas a propor aos alunos), pois no ensino superior, onde os conteúdos conceptuais são abordados de forma muito aprofundada, não é necessário fazer o esforço de criar cenários que aproximem a ciência do quotidiano dos alunos. Por considerar que tem dificuldades em desenvolver um cenário para alguns dos conteúdos conceptuais dos currículos, parece querer diminuir o papel que os mesmos têm para a aprendizagem dos alunos, ainda que os considere pertinentes para os motivar. Contudo, autores como Galvão e colaboradores (2011) vincam a importância da contextualização das tarefas, afirmando que

⁵ O projeto PARSEL – *Popularity and Relevance of Science Education for Scientific Literacy* – que agregou diversas instituições internacionais, pretendeu “responder ao crescente desinteresse manifestado em relação às ciências e às disciplinas e carreiras de ciências, bem como aos níveis elevados de iliteracia científica observados na população em geral” (Galvão et al., 2011, p. 6).

Este aspeto é de extrema importância, já que muitas vezes as reações dos alunos a determinados temas assentam em escolhas não informadas, *i.e.*, os alunos não manifestam qualquer interesse por um tema porque não compreendem a sua importância para aspetos da sua vida e do seu quotidiano, ou porque não compreendem a importância de determinados conceitos ou procedimentos científicos... (p. 28).

Consideramos que mais relevante se torna quando se pretende que as tarefas construídas envolvam todos os alunos em processos de argumentação científica. Mais do que denotar a falta de relevância para as aprendizagens científicas dos alunos, consideramos que aquele discurso revela, em parte, algumas concepções elitistas de ciência (Lemke, 1997), por um lado, e as parcas relações entre ciência, tecnologia e sociedade que terão pautado os processos de ensino e de aprendizagem que os docentes vivenciaram ao longo da sua vida académica.

Em síntese...

(1) As tarefas que envolvem debate e discussão foram consideradas pelos docentes as mais apropriadas para a mobilização da argumentação científica;

(2) Com a finalidade de envolver os alunos no processo de argumentação científica, as tarefas devem partir de questões, prever atividades de pesquisa e de obtenção de evidências, contemplar a elaboração de respostas aos 'porquês' e ser motivantes;

(3) As atividades práticas como as de pesquisa e de trabalho laboratorial são as mais adaptadas à implementação de práticas de argumentação científica;

(4) As tarefas que orientem os alunos para a realização de trabalho laboratorial devem ter um carácter investigativo ou de resolução de problemas para permitir que os alunos desenvolvam a argumentação científica. Caso contrário, o trabalho laboratorial terá uma finalidade, essencialmente, manipulativa e de execução de técnicas, que não permitirá o desenvolvimento de competências complexas;

(5) As questões a incluir nas tarefas devem ser abertas, levar à análise e reflexão sobre dados científicos e promover o uso do raciocínio;

(6) A contextualização das tarefas permite torná-las mais relevantes do ponto de vista pessoal e social, para os alunos. Contudo, os professores afirmaram ter dificuldades na construção de um enquadramento para determinados temas científicos que constam dos programas. Uma docente manifestou forte relutância na construção de cenários para as tarefas, considerando que não tem que se esforçar para aproximar a ciência do quotidiano dos alunos.

4.1.4.4 – Formação e desenvolvimento pessoal e profissional docente

A maioria dos inquiridos apontou que a sua formação científica e pedagógica lhes permite realizar, com à-vontade, atividades que mobilizam a argumentação. Um total de 77,1% (162) dos inquiridos concordou ou inclinou-se a concordar com a afirmação do item 58 (Figura 30). Apenas 22,9% (46) assumiu ter inibições em desenvolver, em sala de aula, aquele tipo de atividades, por condicionamentos ligados à formação. Contudo, dados obtidos por Dawson (2006), evidenciaram que poucos são os docentes que possuem a experiência ou a formação necessárias ao uso regular de atividades de discussão e argumentação.

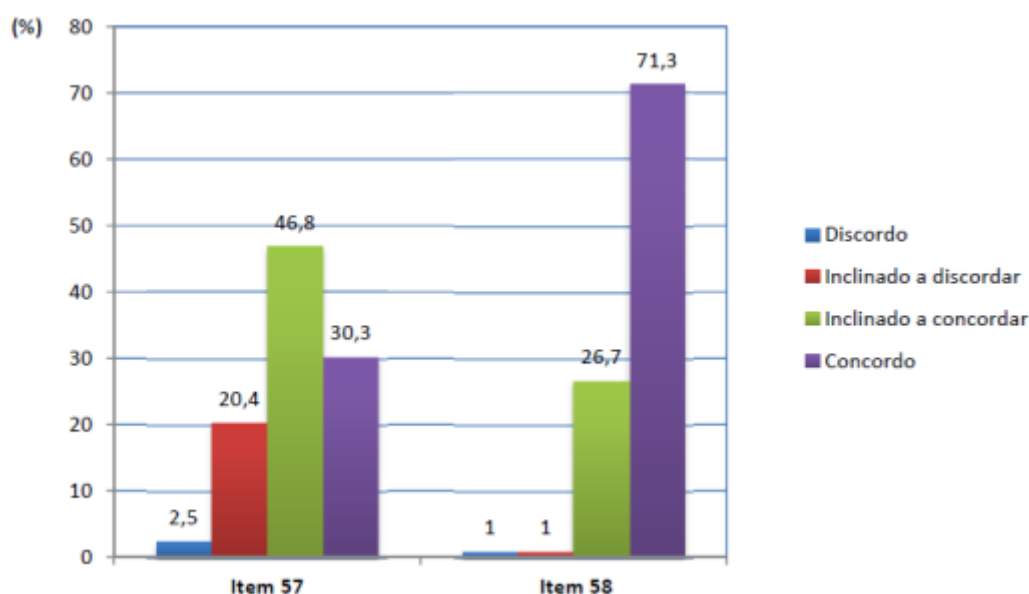


Figura 30 – Frequências relativas das respostas aos itens 57. e 58. do questionário.

Uma maioria mais representativa que a do item anterior sustentou que a argumentação científica deve ser um conteúdo a abordar ao nível da formação inicial e contínua, o que parece consubstanciar a ideia de que os professores carecem de formação e atualização dos seus conhecimentos nesta área. Efetivamente, somente quatro inquiridos, representando 2% da amostra, assumiram o oposto, pelo que 98% (198) confirmaram aquela necessidade expressa no item 58. Os professores do grupo focal partilharam esta opinião e focaram diferentes vertentes relacionadas com as ações de formação, tendo-se cingido, essencialmente, à formação contínua, por ser aquela em que mais diretamente têm estado envolvidos. Entre elas, encontramos (i) as necessidades de

formação, (ii) domínios científicos das ações frequentadas, (iii) limitações à frequência das ações de formação e (iv) impacto da formação nas práticas.

Os professores manifestaram pontos de vista divergentes quanto à oferta existente de ações de formação, nas diferentes modalidades (cursos, seminários, oficinas, círculos de estudos), para responder às suas necessidades de atualização profissional. Enquanto para Alcina, os cursos oferecidos pelos centros de associação de escolas não correspondem às expectativas dos docentes, para Telma a oferta tem-se pautado pela diversidade, tendo-lhe sido proporcionadas oportunidades para aprofundar conhecimentos, nomeadamente na área da Geologia, na qual se sentia mais insegura, atendendo à sua área científica de formação inicial (Biologia). Outra docente – Tânia – revelou que tem frequentado ações em áreas de conhecimento em que pretendia investir, ainda que tenha confirmado que, em diversos centros, a oferta formativa é insuficiente e pouco variada, tendendo, quase sempre para as áreas das tecnologias de informação e comunicação. Para ultrapassar a dificuldade em encontrar ações que se ajustem às suas necessidades de formação, Ilda adotou um processo de autoformação, pois para a professora *“acho que nós agarrarmo-nos a... a fazer as coisas, ainda é a melhor formação”* (GF6_II_647).

Ainda que alguns professores tenham referido a variedade de ações de formação que foram frequentando, sublinhamos que elas se inserem, fundamentalmente, no domínio do aprofundamento dos conhecimentos científicos curriculares, ignorando, quase totalmente, a formação na área didático-pedagógica, como foi assegurado por algumas intervenções de Tânia e de Fátima. A primeira referiu, *“Portanto, o que queremos mais na nossa área é por causa da atualização. Porque a ciência anda muito rapidamente, e nós queremos estar na linha da frente”* (GF6_Ta_673), fazendo notar a sua preocupação com a atualização científica, de forma a poder acompanhar o progresso dos saberes construídos nas áreas que leciona. Já Fátima considerou que a atualização dos professores é indispensável, associando essa necessidade à evolução da ciência, da tecnologia e da sociedade, por estarmos inseridos numa sociedade global de conhecimento. Contudo, parece existir, para a mesma docente, uma disrupção entre os avanços sociais e tecnológicos e as práticas escolares, conforme se pode depreender do seguinte excerto:

A Biologia, a Geologia, estão sempre a evoluir. E, sobretudo, o ensino tem que se adaptar ao facto da sociedade estar sempre a mudar. A mudança de sociedade é... tem sido tremenda, nos últimos anos. Eu comecei por dizer aqui há uns meses atrás, um pouco de tempo, que achava que os professores ainda funcionavam como os, os meus professores que foram há milhares de

anos atrás. E acho. Acho que o ensino tem que mudar mais do que isso. Tem que mudar... eu sei que, que houve gente que não concordou comigo mas eu acho que o ensino tem que mudar, os professores têm que mudar mais, para que a escola se torne atrativa. E uma das falhas da escola é... é essa, é que nós não, não... apesar de tudo, não evoluímos como a tecnologia, como os, os audiovisuais. Por isso estamos profundamente desajustados. (GF6_Fa_510)

Apesar deste discurso tendencialmente voltado para necessidades de atualização que vão além da mera aquisição de novos conhecimentos nas áreas da Geologia e da Biologia, as intervenções dos professores centraram-se, sobretudo, na formação nesses domínios da ciência. Este aspeto mereceu, aliás, um comentário crítico de Ilda que referiu, em dado momento que

Uma coisa que sempre me fez espécie nos professores é que os professores desprestigiam imenso a componente pedagógica (...) só queriam fazer coisas na área científica, agora, na parte pedagógica, não interessava nada. Eu acho que isso é um contrassenso (GF6_II_659/670).

Contudo, Ilda, afirmou que tem realizado poucas formações na componente didático-pedagógica, tendo a maioria dos professores referido o mesmo.

Os centros de associação de escolas promovem ações de formação contínua que se enquadram nas áreas prioritárias de formação, como as tecnologias de informação e comunicação pois os cursos nessas áreas têm sido, preferencialmente, financiados pelo Fundo Social Europeu, de acordo com as informações de Alcina e de Fátima. Desta forma, a oferta de ações nas áreas científicas e didático-pedagógicas é inferior. Diversos cursos destas áreas, disponibilizados pelos centros de formação ou por outras instituições, são pagos pelos docentes que os pretendem frequentar. Esta pode constituir-se como uma das principais limitações à abertura desses cursos, uma vez que os professores consideraram que estando consignada a formação contínua, no Estatuto da Carreira Docente, como um direito e um dever, as despesas financeiras relativas à sua frequência não devem ser suportadas pelos docentes. Esse pagamento só deve ser incumbido aos docentes se for para *“formação pessoal e se me interessar mesmo muito, muito, muito...”* (GF6_Te_556), segundo Telma.

Os professores valorizaram as ações de formação para o seu desenvolvimento profissional. Contudo, Emílio referiu que o impacto da formação contínua nas práticas pedagógicas escolares é efémero e pontual. Este professor relatou parte do estudo em que participou como investigador, no âmbito do curso de Mestrado que frequentou:

Eu quando fiz a minha... a minha pós graduação e quando comecei a preparar a tese que não acabei de escrever, o meu estudo foi o efeito das... da formação na prática dos professores. E o resultado a que eu consegui chegar, mas depois não... não consegui escrever e concluir, mas

consegui... porque eu já tinha os dados recolhidos, é que os professores fazem formação e na... na altura em que estão a fazer formação, aplicam. No ano a seguir, voltam ao tradicional. Porque não sentem, na prática, que a mudança tem uma utilidade prática nos resultados finais. (...) [Era um estudo de caso. Eram cinco professores...]... Que tinham cinco turmas que fizeram formação para os [novos] programas e que no primeiro ano em que lecionaram, logo a seguir, enquanto estavam a fazer a formação aplicaram, e depois eu voltei lá, uns tempos depois para saber, e eles já tinham voltado todos ao tradicional. (GF6_Em_533/539)

Emílio evidenciou, através das suas palavras, o descrédito que tem na mudança de práticas que não sejam alvo de monitorização durante um período longo, de forma a permitir a apropriação das inovações pelos professores, tendo em conta os resultados que obteve na investigação que realizou, e que encontra eco em alguns estudos realizados por Simon, Erduran e Osborne (2006).

As dinâmicas de trabalho docente, como as que envolvem a colaboração entre professores, foram realçadas pelos participantes como um fator que contribui para o seu desenvolvimento profissional. Contudo, mais do que favorecer o desenvolvimento de competências reflexivas sobre a prática, fator fundamental para o desenvolvimento de uma profissionalidade docente (Roldão, 2007a, 2007b), os poucos momentos de ‘trabalho colaborativo’ cingem-se à partilha, no grupo disciplinar, de recursos e de experiências educativas. Telma e Hélder foram os docentes que mais discursaram sobre as vantagens do trabalho colaborativo. Através da seguinte citação, procurámos denotar a conceção da docente sobre o trabalho colaborativo em que estava envolvida:

A nossa escola tem um ambiente excelente em termos de... de professores e o nosso grupo então, é um espanto. E portanto, partilhamos muito. Partilhamos tudo, partilhamos tudo! Tanto quanto possível, não é? Partilhamos materiais, não temos cá problemas nenhuns em “oh, meu Deus, olha, diz-me lá, não domino absolutamente nada disto, não sei que volta é que hei de dar a esta situação”, e portanto... independentemente da experiência, gostamos muito de trocar tudo aquilo que podemos trocar. Temos reuniões semanais, praticamente semanais, para... enfim... delinear o que se fez, o que é que se vai fazer, etc., portanto, a esse nível, estamos muito bem (GF1_Te_86).

Como se depreende da citação anterior, Telma valorizou, essencialmente, a oportunidade de integrar um grupo onde o clima de trabalho é amistoso e em que ocorre partilha de materiais e troca de experiências, processos que os professores associam vulgarmente a trabalho colaborativo (Roldão, 2006).

No grupo disciplinar da escola onde Hélder lecionava, a partilha limitou-se às planificações das aulas, reunindo os professores por grupos, segundo o nível de escolaridade que lecionavam, apresentando e discutindo protótipos de tarefas que foram aplicadas em anos letivos transatos. Hélder valorizou este tipo de ‘trabalho colaborativo’ por tal não ser habitual na cultura profissional e organizacional dos professores e nas

escolas onde lecionou anteriormente, atendendo a que na prática, o trabalho docente é realizado, essencialmente, de forma individual (Roldão, 2007b). Ainda que nos pareçam relevantes este tipo de partilhas, consideramos que se tornam insuficientes, particularmente quando se pretendem implementar práticas inovadoras, como as que propiciam o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos, que devem exigir dos docentes o envolvimento num trabalho colaborativo autêntico.

É no contexto da procura de uma solução para uma situação problemática que os docentes percecionem como significativa e comum para o seu desenvolvimento profissional que as práticas de trabalho colaborativo mais facilmente se apoderam da *práxis* e se podem constituir como mais-valia para a melhoria das práticas pedagógicas escolares. Porém, os professores encontraram vários entraves à impregnação de uma cultura profissional centrada no trabalho colaborativo: (i) há uma tendência para perpetuar a cultura do trabalho docente individual, em que cada professor é responsável pela leção das suas turmas, existindo algum receio pessoal ou pudor em partilhar dúvidas ou dificuldades, a nível científico ou didático-pedagógico; (ii) os horários dos docentes são incompatíveis e as reuniões de grupo disciplinar são habitualmente direcionadas para a discussão de assuntos burocráticos; (iii) a cultura tradicional de organização das escolas não favorece a existência de um tempo efetivo para que os professores possam refletir, trocar ideias, conhecimentos e experiências sobre a sua prática profissional; (iv) a legislação relativa à avaliação do desempenho docente tende a favorecer mais a competição do que a colaboração, uma vez que há limitação de vagas ou quotas para acesso a determinados escalões da carreira, cujo acesso está dependente da classificação obtida pelos docentes que se baseia, entre outros parâmetros, na observação obrigatória de aulas para os que estão posicionados em determinados escalões ou para os que pretendem obter uma avaliação final de ‘Excelente’.

Para além da colaboração entre docentes, Ilda também referiu as potencialidades da reflexão que podem decorrer da partilha e discussão de recursos materiais existentes ou construídos pelos professores, *“Todos somos professores experientes que utilizam materiais já testados e aperfeiçoados. No entanto, raramente temos possibilidade de os partilhar de uma forma reflexiva”* (RE_II).

Não quisemos encerrar os trabalhos do grupo focal sem convidar os professores a envolverem-se num processo de reflexão sobre o que foi sendo discutido ao longo das sete sessões de entrevistas e de partilha de ideias. Os docentes salientaram,

fundamentalmente, a oportunidade que tiveram de discutir e refletir sobre um assunto que consideraram importante no contexto da educação em ciência. Para terminar esta primeira etapa da análise dos resultados, nada melhor que dar a voz aos participantes que quiseram expressar os seus pensamentos sobre o que vivenciaram ao longo de mais de dois meses:

Infelizmente são raríssimas as oportunidades que temos para, entre colegas, discutirmos assuntos como estes. Nas escolas vivemos numa correria entre toques de entrada e saída, entre as filas da reprografia e do bar... Nas reuniões de professores, onde o tempo é cada vez mais escasso para dar resposta a tanta papelada, ninguém quer ouvir ninguém... Todos querem acabar a horas porque a seguir têm outra reunião, outra formação, outra aula. (...) Pensar sobre o que faço e saber porque o faço sempre foi um dos meus lemas enquanto profissional (Re_II)

Acho que vou passar a refletir melhor, é esta a conclusão. Vou passar a refletir melhor, se, realmente, o que nós... o que eu, às vezes, penso ou pensava que era argumentação científica, se é realmente, percebes? Acho que isto serviu para nós pensarmos, e eu a falar por mim, pensar muito bem e, às vezes, nós metemos tudo no mesmo saco e não é bem assim e estes momentos são importantes para refletirmos e para começarmos a ponderar melhor as coisas. (GF6_AI_15)

Esta situação reflexiva levou-me a rever todo o meu processo de ensino aprendizagem e compreender se algumas das atividades que tenho implementado nas minhas aulas, seriam de argumentação ou não. (RE_He).

Para mim foi muito, muito enriquecedor, mesmo. Muito. Acho que, que ganhei porque eu sou um bocadinho irrefletida. Embora já não tenha idade para isso mas sou, e, portanto, e participar num... num grupo destes e ouvir as vossas opiniões foi excelente para mim. Agora, acho que... a partir daqui, se calhar, poder-se-ia desenvolver um trabalho... (GF6_Te_652).

Com estes comentários, os professores procuraram salientar a importância de se fazerem ouvir e de, conjuntamente com os seus pares, confrontarem as conceções que subjazem à prática e partilharem ideias relativamente a um tema sobre o qual pouco tinham discutido e refletido até aí. O grupo focal constituiu-se numa comunidade de prática (Wenger, McDermott, & Snyder, 2002), na qual foram valorizados os seus saberes sobre a *práxis*, tendo os professores considerado esta vivência como um momento de desenvolvimento profissional, no qual a discussão e reflexão abriram possibilidades a uma eventual melhoria das práticas. A própria metodologia de discussão no grupo foi reconhecida como potencialmente aplicável às aulas em que se pretende desenvolver a argumentação científica dos alunos. Telma foi a professora que referiu a dado momento, a propósito das dificuldades em gerir o tempo de forma eficaz: *“Eu acho que vou copiar aqui a estratégia do Paulo connosco, não é? No fundo, é isso que se pretende. É dar espaço mas, entretanto, também pôr aqui alguns limites porque senão vamos por aí. E eu, realmente, às vezes, sinto algumas dificuldades a esse nível”* (GF6_Te_39).

Em suma...

(1) Os professores consideraram que a sua formação científica e pedagógica lhes dá segurança para implementar práticas orientadas para o desenvolvimento da argumentação científica. Simultaneamente, acharam que esta temática deve ser abordada nos processos de formação docente;

(2) Os professores afirmaram que a formação disponibilizada pelos centros de associação de escolas nem sempre tem correspondido às suas expectativas e necessidades. Nos últimos anos criaram-se áreas prioritárias de formação ligadas às tecnologias de informação e comunicação, tornando-se escassa a oferta de cursos nas áreas didático-pedagógica e científica. Os docentes que quiseram ter formação nestas áreas tiveram que a realizar nas instituições de ensino superior ou em centros de formação afastados da área de abrangência geográfica do estabelecimento de ensino onde lecionam;

(3) Na generalidade, os docentes têm dado prioridade à frequência de cursos na área científica, ignorando a formação na área didático-pedagógica;

(4) A colaboração entre docentes é considerada como uma forma de promover o desenvolvimento profissional. Contudo, as práticas de trabalho colaborativo relatadas limitam-se à partilha de materiais e à troca de experiências, não envolvendo uma discussão e reflexão fundamentada na teoria e com ligação à prática, de forma a contribuir para a resolução dos problemas e desafios que se colocam aos docentes, como o de implementação de práticas de argumentação científica;

(5) Segundo os docentes, há várias limitações à prática de trabalho colaborativo: a cultura individual do trabalho docente, a coincidência de horários letivos entre os docentes que impossibilita a realização de encontros, as reuniões que a isso se poderiam proporcionar são utilizadas, essencialmente, como instrumento de discussão de questões burocráticas, a cultura organizacional das instituições e a própria avaliação do desempenho que gerou uma cultura da competição em vez de colaboração;

(6) Os professores atribuíram potencialidades à reflexão sobre a prática por permitir questionar, reconstruir ideias com a finalidade de uma eventual melhoria do desempenho profissional.

4.2 Fase II

Tendo como propósito, nesta fase, procedermos a uma descrição e análise das práticas pedagógicas escolares de duas professoras, ao pretenderem implementar um ensino de ciências intencionalmente orientado para o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos, consideramos que os tópicos que nortearam a elaboração das questões para as entrevistas às docentes (após a observação das aulas) se podem constituir como categorias de análise. Assim, as dimensões presentes na análise e interpretação dos dois casos são comuns e apresentam-se segundo a ordem: (1) tarefas e atividades; (2) papel da professora e dos alunos; (3) a argumentação científica nas aulas; (4) perspetivas veiculadas de ciência e de argumentação e (5) desenvolvimento pessoal e profissional.

4.2.1 O caso Telma

As aulas de Telma foram observadas numa turma de 10.º ano, constituída por 22 alunos: 11, do sexo masculino e 11, do sexo feminino. A mediana de idades dos alunos situava-se nos 15 anos, em setembro de 2010. Na turma, dois alunos eram repetentes no 10.º ano de escolaridade.

As aulas de 90 minutos decorreram numa sala de aula normal⁶ e as aulas de 135 minutos, com desdobramento da turma, ocorreram no laboratório de Biologia. Em termos de sucesso académico, podemos considerar a turma regular, uma vez que a média resultante das classificações obtidas, nas diferentes disciplinas, nos 1.º e 2.º períodos (dados de que dispomos), foi de 12,7 e 12,6 valores, respetivamente. Ainda assim, o insucesso académico em disciplinas específicas do curso de Ciências e Tecnologias, como a Matemática e a Física e Química A, rondou os 25%, no segundo momento de avaliação periodal. Na disciplina de Biologia e Geologia, a média de classificações, no final dos referidos períodos letivos, aproximou-se dos valores já mencionados, ainda que tenha existido um aumento considerável do número de alunos com classificação inferior a 10 valores, do 1.º para o 2.º período (de 4,5%, correspondente a um aluno, no 1.º período passou para 22,7%, correspondente a 5 alunos, no 2.º período). Na Tabela 23 encontra-se a distribuição dos principais conteúdos conceptuais abordados ao longo das 11 aulas

⁶ Designação atribuída às salas de aula em que são lecionadas disciplinas de natureza teórica, para as quais não está previsto o uso de material específico como, por exemplo, de laboratório.

observadas das duas unidades didáticas (a primeira de Geologia e a segunda de Biologia).

Tabela 23

Conteúdos conceptuais abordados ao longo das aulas de Telma

	N.º da aula observada ⁷	Duração prevista da aula (min.)	Conteúdos conceptuais
GEOLOGIA	37	90	Sismologia: O que são sismos? Como se geram os sismos?
	38	90	Tipo de deformação e de comportamento dos materiais sujeitos a tensão.
	39	135	Comportamento dos materiais rochosos face a tensões. Condições necessárias à ocorrência de um sismo.
	41	90	Sismologia: teoria do ressalto elástico: parâmetros que caracterizam um sismo. Caracterização das ondas sísmicas.
	42	135	As características das ondas sísmicas. Sismógrafos e sismogramas. Determinação da distância epicentral e da localização do epicentro, a partir da análise de sismogramas. Avaliação de sismos: magnitude e intensidade.
	43	90	Intensidade e magnitude de um sismo. Cartas de isossistas.
	75	90	Obtenção de matéria pelos seres autotróficos – fotossíntese.
BIOLOGIA	76	135	Perspetiva histórica e análise de alguns trabalhos experimentais sobre o processo fotossintético.
	77	90	Conceito de fotossíntese.
	78	135	Pigmentos fotossintéticos – localização no cloroplasto; densidade de pigmentos fotossintéticos. Absorção de luz e taxa fotossintética.
	80	135	Fases fotoquímica e química da fotossíntese.

4.2.1.1 – Tarefas e atividades

Para abordagem dos conteúdos conceptuais apresentados na Tabela 23, Telma construiu diversas tarefas, a maioria delas apresentada em fichas de trabalho, cuja resolução foi realizada em grupo, antes da discussão ao nível do grupo-turma, das respostas construídas pelos alunos. Foram, também, usadas algumas tarefas que constavam do manual escolar. Noutros momentos, a professora optou por projetar slides de *powerpoint* com texto, figuras, esquemas ou fotografias e desenvolver um diálogo de questionamento com os alunos (Lemke, 1997). Em síntese, podemos afirmar que houve três modos de apresentação das tarefas: fichas de trabalho, manual escolar e slides de

⁷ As aulas números 40 e 79 foram utilizadas para avaliação dos alunos, pelo que nelas não foram lecionados conteúdos conceptuais das unidades didáticas em análise.

powerpoint.

Na Tabela 24 encontra-se uma lista das tarefas implementadas ao longo das duas unidades didáticas, que podem ser consultadas nos anexos (I e II) deste trabalho. A partir deste momento referir-nos-emos às tarefas usando os códigos que lhes atribuímos.

Tabela 24
Lista de tarefas das aulas de Telma

	Código da tarefa	Aula(s) de aplicação da tarefa	Designação da tarefa	Fonte	Nº. total de perguntas
GEOLOGIA	TA1	37, 38 e 40	Porque ocorrem sismos?	Professora ⁸	5
	TA2	42	Características das ondas sísmicas	Professora	1
	TA3	42	Determinação do epicentro de um sismo	Manual escolar	3
BIOLOGIA	TA4	75	A descoberta da fotossíntese	Professora	12
	TA5	77 e 78	Qual a proveniência do oxigénio libertado?	Professora e manual escolar	5
	TA6	78	Experiência de Engelmann	Manual escolar (adaptado)	5

A TA1, que a professora designou de ‘ficha informativa/de atividade prática’, estrutura-se em torno de três perguntas, a partir das quais foram construídas três ‘atividades’ (designação atribuída por Telma, às diferentes componentes da mesma ficha de trabalho). Em termos de objetivos a alcançar e de desenvolvimento de competências que esta tarefa proporciona, a professora referiu: (i) conhecer, compreender e mobilizar dados, conceitos, modelos, teorias relativos à origem dos sismos; (ii) formular/identificar hipóteses explicativas de fenómenos físicos relativos à ocorrência de sismos; (iii) utilizar evidências/pressupostos no estabelecimento de hipóteses/conclusões relativas ao comportamento dos materiais sujeitos a tensões e (iv) utilizar argumentos a favor ou contra hipóteses/conclusões relativas ao comportamento dos materiais sujeitos a tensão (RP1_Te). A professora considerou, na sua reflexão prévia às aulas, que “este conjunto de competências é demasiado vasto e por isso ambicioso, acabando por diluir o objetivo primeiro (mas que nesta listagem é, ironicamente, o último...) a que me propus na planificação desta atividade” (RP1_Te). Parece-nos, desta forma, que a professora, embora consciente da finalidade principal desta fase da investigação, isto é, a pretensão de

⁸ As tarefas cuja fonte atribuímos à ‘professora’, correspondem a todas as que, não constando do manual escolar adotado pela escola, foram construídas pela docente, ainda que, por vezes, recorrendo a outros documentos de suporte (p.e., livros de exercícios da área disciplinar em causa).

observar práticas pedagógicas promotoras do desenvolvimento da argumentação científica dos alunos, procurou, de certa forma, justificar a sua insegurança perante tal desiderato, ao sublinhar a sua preocupação com o desenvolvimento de competências ligadas à apropriação e mobilização de conhecimentos substantivos. Ainda assim, na primeira entrevista a professora salientou que, no momento de elaboração da tarefa, procurou ter em conta a necessidade de construir um documento que contribuisse para envolver os alunos em práticas de argumentação científica, particularmente nas TA1 e TA2, ao interrogar-se,

Ok, como é que eu vou abordar isto nesta perspetiva de... de... eles serem... serem eles , por um lado, a construírem o seu próprio conhecimento e, por outro lado, também, analisarem dados... e com base nessa análise... construírem hipóteses, por exemplo, ou... ou, então... concordarem, ou não, com determinadas afirmações e depois... argumentarem, não é, ou contra-argumentarem...? (EP1_Te_42).

Tal intenção parece apoiar-se, ainda, no facto de no primeiro dos itens da TA1 a professora ter explicitamente recorrido a termos relacionados com o PAT, ao solicitar aos alunos que preenchessem uma tabela na qual se pediam ‘evidências’ e ‘fundamento’ relativos ao tipo de deformação sofrido por dois materiais quando sujeitos a tensão (TA1). Contudo, a professora admitiu *“Não, não discuti com eles [os conceitos de ‘fundamento’ e ‘evidência’]. Não discuti com eles, mas já eram termos que eu já tinha utilizado com eles nas aulas”* (EP1B_Te_501), tendo reconhecido que a utilização daqueles termos tinha sido realizada noutros contextos de ensino e com intenções diferentes, ou seja, sem o objetivo consciente de contribuir para a construção de argumentos.

Para responder à pergunta orientadora da mesma TA1 – *Que tipos de deformação e de comportamento apresentam os materiais quando sujeitos a tensões?* – os alunos executaram um trabalho prático simples, após a leitura de um pequeno texto informativo sobre os tipos de deformação e de comportamento dos materiais quando sujeitos a tensão. A resposta à segunda pergunta – *Como se comportam os materiais rochosos face a tensões?* – dependeu da leitura de um pequeno texto, associada à interpretação de um gráfico e de uma figura. Por fim, a terceira pergunta orientadora – *Que condições são necessárias para ocorrer um sismo?* – exigiu dos alunos uma síntese da informação científica previamente trabalhada através das perguntas anteriores. A estratégia utilizada pela professora, ao longo desta tarefa, foi de natureza dedutiva (Lemke, 1997; Vieira, & Vieira, 2005), atendendo a que, tal como Vieira e Vieira (2005) referem, foi apresentado “o conceito ou generalização e, normalmente, solicita[-se] aos alunos a clarificação dos

termos utilizados para definir o conceito ou descrever a generalização; depois, apresenta[-se] um exemplo e solicita[-se] ao aluno a apresentação de outros exemplo” (p. 18).

A TA2 consistiu numa tabela para os alunos completarem com as características das ondas sísmicas, apresentada numa ficha de trabalho. Com ela, a professora pretendeu “fundamentalmente que [os alunos] ‘arrumassem’ os conceitos que antecipadamente tinham sido abordados na aula” (RP3_Te). A atividade dos alunos e a estratégia mobilizada pela professora foram semelhantes às já descritas para TA1.

A TA3 teve por objetivo levar os alunos a determinar o epicentro de um sismo localizado na região do México, a partir da leitura de sismogramas. Para tal, os alunos tiveram que mobilizar e articular “dados obtidos em diferentes suportes (sismogramas, gráfico tempo-distância, mapa e respetiva escala), desenvolvendo raciocínios dedutivos” (RP4_Te), que expressaram verbalmente, durante a sua resolução.

Em relação a estas duas últimas tarefas (TA2 e TA3), da unidade de Geologia, a professora referiu, no documento de reflexão prévia às aulas, que a potencialidade de desenvolvimento da argumentação dos alunos se prendeu com a seleção de conceitos e sua articulação para o estabelecimento de raciocínios do tipo causa-efeito que “estão implícitos na construção de argumentos a favor ou contra uma teoria” (RP3_Te), no desenvolvimento de competências de comunicação, oral e escrita, e no desenvolvimento de raciocínios dedutivos (RP4_Te). Mais uma vez, se denota um forte favorecimento do conhecimento substantivo, com a perspetiva de que o saber é fundamental nos processos de argumentação científica.

Na primeira ficha de trabalho da unidade de Biologia, TA4, a professora apresentou uma sequência das principais ideias que contribuíram para construir o conceito de fotossíntese. Esta tarefa teve duas versões: a versão inicial não contemplava as alíneas a), b) e c) do item 2 e os itens 9 e 10 (Anexo 1). Estas alterações decorreram da necessidade que Telma sentiu de elaborar algumas perguntas mais abertas que pudessem contribuir para fomentar a argumentação científica dos alunos. Assim, ainda que não tivéssemos a intenção de intervir diretamente sobre a produção dos materiais usados nas aulas (tal como tinha sido negociado na reunião preliminar às observações, já referida no capítulo 3), considerámos o apelo de Telma que decidiu, em negociação connosco, introduzir alguns itens, como o 9, que se baseia no projeto *Concept Cartoons* (Naylor, Keogh, & Mitchell, 2000) e que alguns estudos (Naylor, Keogh, & Downing, 2001; Scott,

2008; Simon, & Richardson, 2009) têm vindo a evidenciar que potenciam a argumentação em aulas de ciências.

A TA4 contemplou a análise de algumas experiências históricas no domínio do estudo do processo fotossintético, tendo como propósito, segundo Telma, “(i) compreender que o conhecimento científico atual se vai construindo/reconstruindo ao longo do tempo, sendo o resultado do trabalho de diversos investigadores; (ii) interpretar procedimentos experimentais simples; (iii) planificar atividades experimentais simples; (iv) formular/identificar hipóteses explicativas de fenómenos relativos à fotossíntese; (v) identificar factos/pressupostos utilizados no estabelecimento ou na refutação de uma hipótese/conclusão; (vi) utilizar argumentos a favor ou contra determinadas hipóteses/conclusões, (vii) prever resultados e/ou estabelecer conclusões; (viii) coligir dados de forma a apresentar um conceito de fotossíntese” (RP5_Te). A estratégia utilizada foi semelhante à já mencionada anteriormente, tendo envolvido a realização de trabalho em grupo, prévia à discussão no grupo-turma, com registo de algumas respostas no quadro.

As TA5 e TA6 tiveram finalidades semelhantes às da TA4. A primeira delas – TA5 – foi implementada em dois momentos distintos: (1) apresentação de um *concept cartoon* (Naylor, Keogh, & Mitchell, 2000) construído pela professora, onde se apresentavam três opiniões diferentes sobre a provável proveniência do oxigénio libertado na fotossíntese e (2) relato de uma experiência que permitiu apoiar a hipótese de Van Niel que afirmava que o oxigénio libertado durante a fotossíntese provém da água. A TA6 foi baseada numa proposta de trabalho presente no manual escolar, que explora a experiência de Engelmann, cujos resultados permitiram estabelecer uma relação de causa-efeito entre a radiação luminosa absorvida pelos pigmentos fotossintéticos e a taxa fotossintética. Segundo Telma, TA5 e TA6 apresentam a potencialidade de desenvolver a argumentação científica pois através delas os alunos “estabelecem conclusões que terão de fundamentar com dados obtidos experimentalmente e fazem uma análise crítica de hipóteses, procedimentos experimentais e conclusões, apresentando argumentos na defesa das suas posições” (RP5_Te; RP6_Te). A estratégia utilizada para implementação destas tarefas consistiu na projeção de slides de *powerpoint* (MD_Te) e discussão das perguntas propostas com o grupo-turma, sem prévia realização de trabalho em grupo.

Um dos pontos que consideramos relevante na construção das tarefas com a finalidade de intencionalmente envolver os alunos em práticas de argumentação científica,

relaciona-se com a natureza das perguntas que orientaram a discussão em aula. Assim, parece-nos importante identificar a natureza ou tipologia de cada pergunta proposta nas tarefas que serviram de suporte às aprendizagens dos alunos. Para tal, classificámo-las, recorrendo ao sistema de categorias para perguntas usadas em aulas de ciências, desenvolvido por Blosser (2000). Baseando-nos na categorização referida, todas as perguntas foram classificadas, numa fase inicial, em dois grupos: perguntas fechadas ou perguntas abertas (questões), considerando-se as primeiras como as que conduzem a um número limitado de respostas aceitáveis ou de respostas consideradas cientificamente corretas e as segundas como aquelas em que se antevê um conjunto variável de respostas aceitáveis, não se limitando a uma ou duas respostas corretas, do ponto de vista científico. Segundo Blosser (2000), todas as perguntas que antecipam certas respostas são, também, categorizadas como fechadas, sendo esta ressalva significativa pois se numa leitura inicial de algumas perguntas fomos tentados a enquadrá-las na categoria de perguntas abertas ou questões, uma segunda análise mais atenta, considerando, nomeadamente, a informação prévia que conduzia à pergunta, levou-nos a reconsiderar a sua categorização, sendo algumas delas classificadas como fechadas (caso, por exemplo, das perguntas 2 e 3, da TA1). Considerámos, portanto, neste processo de classificação, não só o conteúdo de cada pergunta mas também o contexto em que ela foi colocada e se o professor previa aceitar uma ou mais respostas, sendo que apenas neste último caso as perguntas foram categorizadas como ‘abertas’ (Hardman, 2008). As perguntas abertas ou questões são as que permitem dar e justificar opiniões, inferir e identificar implicações, formular hipóteses (desde que não totalmente condicionadas por informações previamente fornecidas) ou fazer juízos de valor.

As perguntas fechadas e abertas são ainda especificadas em outras subcategorias, segundo a mesma autora: (i) memória cognitiva ou (ii) pensamento convergente, no caso da categoria ‘perguntas fechadas’ e (iii) pensamento divergente ou pensamento avaliativo, no caso da categoria ‘perguntas abertas’. Na TA1, o último item consistiu no preenchimento dos termos em falta, num texto que sintetizava algumas informações relativas às condições necessárias à ocorrência de sismos, enquadrando-se, desta forma, na subcategoria ‘memória cognitiva’ por apelar à reprodução de informação factual e/ou à utilização de termos e conceitos previamente apropriados pelos alunos. Ainda no grupo das perguntas fechadas, existem aquelas que remetem para respostas curtas, previsíveis e fáceis de obter com o propósito “de promover o conhecimento básico e a compreensão da

informação e [que] são a base para os subsequentes níveis de pensamento” (Vieira, & Vieira, 2005, p.69). Estão nesta circunstância as seguintes perguntas: (i) “Identifiquem as duas condições que terão que se reunir para que ocorra um sismo” (TA1) ou (ii) “Explicitem o significado da afirmação em *itálico*” (TA4), que foram classificadas como perguntas promotoras de pensamento convergente. Já na subcategoria das perguntas abertas, promotoras de pensamento divergente, enquadrámos as que são adequadas para eliciar respostas múltiplas, que promovem o pensamento crítico e criativo e que procuram estimular a diversidade de posições através da discussão, interpretação, explicação. Neste caso, classificámos a pergunta, “Prevejam os resultados que se obteriam se, na experiência C, o rato fosse substituído por uma vela acesa e fundamentem essa previsão” (TA4) no grupo das que promovem o pensamento divergente, precisamente por se poderem considerar diferentes possibilidades de resposta aceitáveis, nomeadamente no que à fundamentação da previsão dizia respeito. As perguntas de avaliação são as que exigem capacidades de pensamento mais elevadas através da realização de inferências, de julgamentos cognitivos ou de valores, de planeamentos, entre outras ações. Podemos exemplificar esta subcategoria com a pergunta: “Se se admitir a hipótese de o O₂ libertado ter origem no CO₂, que experiência se poderia realizar para testar esta hipótese?” (TA5).

O resultado do processo de categorização das perguntas incluídas nas seis tarefas anteriormente descritas está expresso na Tabela 25.

Tabela 25

Distribuição das perguntas das tarefas das aulas de Telma por níveis de categorias (Blosser, 2000)

Categorias de perguntas					
	Código da tarefa	Perguntas fechadas		Perguntas abertas	
		Memória cognitiva	Pensamento convergente	Pensamento divergente	Pensamento avaliativo
GEOLOGIA	TA1	1	4	----	----
	TA2	----	1	----	----
	TA3	----	3	----	----
BIOLOGIA	TA4	2	5	1	4
	TA5	----	3	----	2
	TA6	----	4	1	----
Total		3	20	2	6

Da leitura da Tabela 25, podemos constatar que:

- (1) As perguntas fechadas representam cerca de 3/4 do total de perguntas que constam nas seis tarefas;
- (2) 87% das perguntas fechadas apelam ao pensamento convergente;

(3) Das oito perguntas abertas, apenas duas foram enquadradas na subcategoria ‘pensamento divergente’;

(4) As perguntas que promovem o pensamento avaliativo são mais numerosas que as que apelam ao pensamento divergente, ainda que ambas representem somente 1/4 das perguntas propostas nas seis tarefas analisadas;

(5) As tarefas da unidade 1, de Geologia, não contemplam perguntas abertas;

(6) A TA4 é a única que contém perguntas enquadradas nas quatro subcategorias consideradas.

Estes resultados contribuem para apoiar o que tem vindo a ser evidenciado em inúmeras investigações e trabalhos publicados por diversos autores (Dillon, 1994; Jesus, 1991; Lemke, 1997; Moreira, 2012; Newton, Driver, & Osborne, 1999) ao referirem que as perguntas em aulas de ciências exigem, geralmente, a reprodução de informação factual, procurando um ponto de vista único sobre os assuntos científicos, afastando a dialogicidade do discurso escolar. Há ainda a ressaltar o facto de os professores terem referido, na fase I do estudo que, para promover o desenvolvimento da argumentação dos alunos, as tarefas deveriam incluir questões ou perguntas abertas que conduzissem os alunos à análise e reflexão acerca de dados científicos, pelo que seria de esperar que Telma incluísse mais perguntas daquele tipo nas tarefas que construiu, particularmente na unidade de Geologia. Recordamos, ainda, das tarefas da unidade de Biologia, que a TA4 foi alvo de reformulação, com o propósito de construir perguntas abertas, o que explica, em parte, a categorização das perguntas que consta na Tabela 25. Ao analisarmos os resultados expressos, consideramos que foi, precisamente, ao nível da unidade de Biologia que as tarefas apresentaram maiores potencialidades para envolver os alunos na argumentação científica pois é nelas que estão as perguntas categorizadas como de pensamento divergente e de pensamento avaliativo. Defendemos esta perspetiva baseados na referência a autores como Martin e Hand (2010) ao afirmarem a relação entre a quantidade de questões ou perguntas abertas usadas em aulas de ciências e a percentagem de intervenções dos alunos, do uso de provas e da mobilização do raciocínio, sendo que aquelas são as que mais favorecem as interações dialógicas entre os alunos e, acrescentamos, entre alunos e professores, favorecendo, desta forma, o emergir de práticas argumentativas.

Sobre a elaboração das tarefas, Telma referiu, em relação à unidade de Geologia, que não sentiu dificuldades significativas no processo de formulação das perguntas e que

o objetivo, principalmente da TA1, tinha sido os alunos selecionarem evidências para fundamentar as suas posições. Considerou, ainda, no caso de uma eventual reformulação, que não alteraria o conteúdo das tarefas, podendo apenas introduzir alguns ajustamentos de forma a tornar mais clara a redação de uma ou outra pergunta. Consideramos, ainda, importante sublinhar que a professora assumiu que os conhecimentos que possui nos domínios da Física e da Geologia a impossibilitaram de desenvolver propostas mais abertas que fomentassem a discussão em torno de outras hipóteses explicativas acerca dos fenómenos sísmicos abordados. Por outro lado, a confiança que a professora depositou nos seus conhecimentos científicos mais aprofundados na área da Biologia permitiram-lhe, segundo ela, propor

algumas situações que à partida não tivessem um só caminho, quer em termos de experimentação ou, antes disso, de respostas... de haver diversas respostas possíveis para um determinado problema, etc., gerar aqui alguma discussão, que lhes permitisse também depois... [argumentar]. (EP2_Te_145).

Ainda assim, Telma afirmou que sentiu dificuldades na construção das tarefas da unidade de Biologia, com particular destaque para a TA4. Essas dificuldades prenderam-se mais com a dimensão didática, pois considerou ainda ter dúvidas sobre a melhor forma de esboçar a discussão em aula e em envolver os alunos nesse tipo de atividade,

Porque... não... não me é fácil colocar-me na... na posição deles, não é, de pensar se... se aquilo que que estou... eu estou a propor e que proponho com determinado objetivo vai realmente... depois... ter... ter... ter esse tipo de... de... de reação neles, se as coisas vão ser apresentadas de uma forma suficientemente clara para eles conseguirem... analisar, refletir... colocar questões, etc... e depois porque, muitas vezes, quando... quando eu 'tou a pensar, "Ok, e agora vou... vou por aqui, penso... e se calhar pondo esta situação para eles analisarem, colocando esta questão... até... até vou conseguir que... que eles façam aqui um bocadinho, desenvolvam... façam um bocadinho o exercício de... de argumentação", mas depois não tenho muitas certezas sobre isso (EP2_Te_146).

Decorrente das dificuldades didáticas que assumiu ter na elaboração das tarefas, Telma acabou, também, por revelar que as alterações que foram sugeridas e negociadas na formulação de algumas perguntas e a introdução de novos itens na TA4 contribuíram para potencializar o envolvimento dos alunos em práticas de argumentação científica. Também o facto de os alunos terem, na maioria das tarefas propostas, discutido primeiro em grupo, antes da discussão geral foi, de acordo com a professora, uma estratégia adequada.

Considerando a importância que Telma atribuiu ao trabalho em grupo para o desenvolvimento de práticas de argumentação científica (que já tinha sido defendido durante o grupo focal, por vários docentes), pareceu-nos relevante fazer uma breve

análise ao tempo que lhe foi consignado nas diferentes aulas. Assim, na Tabela 26 encontram-se dados relativos à distribuição do tempo concedido ao trabalho em grupo e do tempo efetivo⁹ de aula, durante a lecionação das duas unidades didáticas.

Tabela 26

Tempo dedicado ao trabalho em grupo, em função do tempo total de cada aula de Telma, ao longo das unidades didáticas de Geologia e Biologia

	Aula	Tempo total efetivo de aula (s)	Tempo efetivo dedicado ao trabalho em grupo (s)	Percentagem de tempo efetivo dedicado ao trabalho em grupo em função do tempo total efetivo de aula
GEOLOGIA	37	1788 ¹⁰	946	52,9
	38	5066	1170	23,1
	39	4941	671	13,6
	41	5226	0	0
	42	7340	1704	23,2
	43	2476	0	0
BIOLOGIA	75	5515	4293	77,8
	76	7774	0	0
	77	4911	0	0
	78	7627	0	0
	80	7621	0	0

Em cinco, das 11 aulas observadas, os alunos tiveram oportunidade de trabalhar em grupo (pares ou grupos de quatro elementos). Dessas cinco aulas, quatro foram lecionadas na unidade de Geologia e uma na unidade de Biologia. Em termos do tempo dedicado ao trabalho em grupo relativamente à duração efetiva das aulas, podemos afirmar que ele foi significativo na única aula de Biologia onde foi implementado, na qual representou cerca de 78%. Nas aulas da unidade de Geologia, o tempo destinado ao trabalho em grupo representou menos de 25% da duração das aulas em que se efetivou, considerando que o peso de 52,9% referente à aula 37 correspondeu a aproximadamente 16 minutos de uma aula cuja duração real rondou os 90 minutos. Contudo, foi apenas a cerca de 30 minutos antes da aula 37 terminar que a professora iniciou a unidade de Sismologia, pelo que a

⁹ A duração efetiva de aula difere da duração prevista de aula. Esta coincide com o intervalo de tempo entre o toque de entrada e o toque de saída (90 ou 135 minutos). A duração efetiva corresponde ao intervalo de tempo entre a entrada da professora e dos alunos na sala (quando o gravador era acionado) e o momento em que a professora dava a aula por terminada (sempre posterior ao toque de saída).

¹⁰ Apenas se considerou o tempo efetivo de aula correspondente à lecionação dos conteúdos conceptuais da unidade de Sismologia. O tempo restante da aula (3552 s) foi destinado a concluir a unidade didática anterior (Vulcanologia).

percentagem relativa que consta da Tabela 26 atendeu a este período (37 min.) e não à duração total da aula (90 min.). Se considerarmos o tempo total efetivo das 11 aulas observadas, verificamos que o trabalho em grupo representou cerca de 14%, contra 86% de tempo dedicado a outro tipo de estratégias, o que parece ser manifestamente insuficiente se considerarmos a sua relevância para o desenvolvimento da argumentação.

A professora revelou dificuldades na gestão do tempo concedido aos alunos para desenvolverem o trabalho em grupo. Telma estabeleceu tempo para a realização deste tipo de trabalho. Assim, nas aulas 38, 39 e 42 concedeu aos alunos, um total de 10 minutos para a resolução das tarefas em grupo, na aula 37 atribuiu um tempo de 15 minutos e acordou com os alunos que toda a aula 72 estaria destinada a esse fim. Contudo, quando comparamos o tempo inicialmente concedido para o trabalho em grupo e o tempo real utilizado pelos alunos, verificamos discrepâncias consideráveis nas aulas 38 e 42, conforme se pode conferir, por comparação com os tempos assinalados na Tabela 26. Nestas duas aulas, o trabalho em grupo teve uma duração que atingiu o dobro da inicialmente prevista, na aula 38, e ultrapassou o dobro, na aula 42. A professora, confrontada com esta disparidade, afirmou que *“sou sempre otimista, por natureza, acho que consigo sempre fazer o dobro daquilo que consigo... do que consigo efetivamente fazer, então... começo a pressionar-me a mim e pressiono todos à minha volta”* (EP1A_TE_40) ou, ainda

tenho a nítida sensação de que... os pressionei imenso a esse nível, que eles tiveram pouco tempo para isso... mas eu olhei e pensei: hum, 15 minutos para eles... enfim... olharei para isto... verem todos os dados que forem fornecidos e depois...” (EP1A_90).

Outra dimensão a analisar neste contexto poderia ser a qualidade das discussões do trabalho em grupo em prol da argumentação. No entanto, não efetuámos registos áudio das interações ocorridas nos grupos, considerando que este trabalho se destina, fundamentalmente, a analisar o trabalho do professor, sem esquecer, contudo, o contexto de aula onde ele se desenrola.

Os registos de observação das aulas indiciam a existência das dificuldades de Telma em gerir o trabalho em grupo, fundamentalmente, em relação à organização dos grupos e à dinâmica de trabalho. No que respeita ao primeiro daqueles aspetos, registámos na aula 37, a seguinte situação: “Desorganização na sala de aula para a formação dos grupos” (RO1_Te). A professora, a propósito dos critérios utilizados para a formação dos grupos, referiu que *“basicamente o critério que... os critérios que... que eu estabeleci, não foram*

negociados, ponto” (EP1B_Te_573). Telma mencionou os seguintes critérios para constituir os grupos: (i) os alunos dos grupos pertencerem ao mesmo turno das aulas em desdobramento e (ii) cada grupo ser constituído por 3 ou 4 elementos. Quando questionada sobre outros critérios como associar alunos com diferentes níveis de desempenho e ritmos de trabalho (Bonals, 2000), a professora respondeu que *“Não os conhecia [aos alunos] e mesmo se calhar se os conhecesse teria alguma dificuldade em dizer – Não, tu vais trabalhar com este e com aquele e com aquele outro”* (EP1B_Te_581).

Já sobre a dinâmica de trabalho, alguns grupos revelaram-se disfuncionais, como se evidencia, a partir dos seguintes registos de observação: *“Alguns grupos constituídos por alunos problemáticos em termos disciplinares são repreendidos pela professora”* (RO1_Te), *“Um grupo perturba a aula e a professora pergunta se não sabem trabalhar em grupo, se é preciso ensinar-lhes as regras”* (RO1_Te). Para além de alguns grupos serem formados, exclusivamente, por alunos que, revelaram ao longo das aulas, comportamentos disruptivos, o que evidencia a dificuldade anteriormente citada pela professora sobre a organização dos grupos, vários alunos pareceram desconhecer normas de trabalho, o que é corroborado por Bonals (2000) ao referir que

a primeira resposta ao porquê das dificuldades de trabalhar em pequenos grupos pode ser porque não nos foi ensinado e não se ensina aos alunos [...] os alunos não estão esclarecidos sobre como se trabalha em equipa, *porque não lhes foi ensinado* (pp. 11-12, itálico no original).

O facto de terem surgido alguns comportamentos disruptivos durante a aula 37 levou a uma alteração de estratégia da professora na aula 38, pois os grupos passaram a ser constituídos por pares: *“A professora tinha referido que não iria fazer trabalho em grupos alargados (3 ou 4 elementos) por considerar que se gera alguma confusão podendo ser pouco eficiente”* (RO2_Te). Efetivamente, a professora afirmou, a dado momento de uma entrevista, *“Eu acho que eles também não sabem trabalhar em grupo”* (EP1B_Te_445), tendo, ainda, confirmado que nunca negociou normas de funcionamento dos grupos. Assumiu, ainda, que tem dificuldades na implementação de trabalho em grupo,

Eh pá, olha não... acho que não mas... acho... acho que o meu defeito é... é realmente este... e, por exemplo, eu lido muito mal e acho que já tinha referido isso da outra vez... eh pá, lido mal com os trabalhos de grupo, eu acho que tenho muitas... muitas... limitações a esse nível, eh pá e não os sei por a trabalhar em grupo... (EP1B_Te_59).

As atitudes dos próprios alunos indicaram, também, algum desconforto com a realização de trabalho em grupo, parecendo estar pouco adaptados a um contrato didático que os impele a discutir entre si e a acordar respostas comuns, em vez do tradicional trabalho

individual. No registo de observação da aula 42 pode ler-se: “A professora refere que os alunos não discutem as questões, mas que cada um faz por si. A grande maioria dos alunos não partilha ou partilha pouco com os colegas, as suas respostas” (RO7_Te). Contudo, 19 dos 20 alunos que responderam ao questionário final (Apêndice XIII), referiram, através de resposta à pergunta 11 (‘Consideras o trabalho em grupo / pares útil para desenvolveres a tua argumentação? Porquê?’), que o trabalho em grupo é útil para o desenvolvimento da argumentação. De acordo com esses alunos, o trabalho em grupo permite-lhes discutir ideias e considerar outros pontos de vista sobre um assunto ou questão. Pelo interesse do seu conteúdo, destacamos duas respostas que apontam perspetivas diferentes sobre o trabalho em grupo na sua relação com o desenvolvimento da argumentação: (1) “Sim, porque se argumentarmos, se questionarmos com o nosso colega, ele poderá responder aos nossos argumentos e vice-versa” (QA8_Te); (2) “Não, porque, normalmente, sou sempre eu que faço os trabalhos e, por isso, não tendo uma outra argumentação que não a minha, não consigo desenvolver a minha capacidade de argumentação porque fico sempre nos mesmos moldes” (QA9_Te). Se, por um lado, a primeira resposta nos revela um entendimento sobre um dos objetivos do trabalho em grupo na perspetiva do desenvolvimento da argumentação, por outro, a segunda, parece apoiar o registo de observação anteriormente citado, ao referir o desconforto de alguns alunos quando a professora usa a referida estratégia de aula, revelando problemas na dinâmica do trabalho realizado. A própria professora, também, manifestou certas contrariedades e desconfianças sobre o trabalho em grupo:

Para já... permite-lhes discutir com... com pares... o que numa primeira fase, pelo menos.. o que em princípio... isto é tudo um bocadinho teórico, não quer dizer que depois na prática aconteça assim, não é... mas... em princípio até lhes daria alguma... eloquência... ou uma mais valia em termos da... da... da eloquência porque estão a... a... a discutir ali ideias com colegas, à... à... à partida não sentirão, logo numa primeira fase, tantos pruridos como, por exemplo, estarem a expor perante a turma ou perante o professor e... e, portanto, desenvolverão, digamos assim, um... um... um... um discurso... argumentativo, eventualmente, mais... mais fácil e, portanto, fazendo isto muitas vezes, isto vai...vai-se desenvolvendo mesmo, não é? Depois, porque... enfim se... se... se têm... se têm questões que... que estão a ser colocadas a nível de um grupo e se o trabalho em grupo funcionar mesmo, cada um terá oportunidade de... de verbalizar ou de colocar questões aos... aos seus colegas "Porque é que estás a dizer isso e tal" e, portanto... eh pá, não me estou a lembrar assim de mais...de mais... (EP1B_Te_543)

A professora apontou, desta forma, as vantagens que, na sua conceção, são atribuídas ao trabalho em grupo em prol da argumentação. Contudo, salientamos que Telma, a dado momento, sublinhou que *“isto é tudo um bocadinho teórico, não quer dizer que depois na prática aconteça assim...”*. Com esta expressão, a professora manifestou a sua insatisfação

com a realização de trabalho em grupo, ainda que se tenha responsabilizado, em parte, pela dificuldade na sua gestão. Bonals (2000) a este propósito refere que o trabalho em grupo “gera uma certa ansiedade, pelo facto de que docentes e alunos abandonam uma conduta estereotipada” (p. 29), o que permite justificar, em parte, a recusa de alguns docentes em desenvolver este tipo de estratégia de trabalho em aulas de ciências.

4.2.1.2 – O papel da professora e dos alunos

As dinâmicas discursivas de aula são fundamentais para envolver os alunos em atividades de argumentação científica. Importa, portanto, caracterizar as ações desenvolvidas pela professora e pelos alunos, nas aulas observadas, de forma a melhor compreender o ‘como’ da ação docente quando a intenção se relaciona com a implementação de um ensino orientado intencionalmente para o desenvolvimento da argumentação.

Conforme referimos no capítulo anterior, tomámos a decisão de analisar, de forma mais aprofundada, o conteúdo de quatro aulas de Telma – as aulas 38, 42, 76 e 77 – tendo-nos guiado pelos critérios de seleção ali apresentados. Estas aulas foram segmentadas em episódios, tendo-se construído, a partir deles, os respetivos mapas de episódios (Apêndice XIV). A Tabela 27 apresenta alguns resultados decorrentes da síntese das características dos quatro mapas referidos, quanto ao tipo de discurso mobilizado nas aulas.

Tabela 27

Caracterização das aulas de Telma em função do tipo de discurso

	Aula	Duração prevista (min.)	N.º de episódios por tipo de discurso						% de tempo utilizado quanto ao tipo de discurso		
			Gestão de aula			Agenda			Gestão de aula		
GEOLOGIA	38	90	30	69	8	16	19	57	52,6	14,1	33,3
	42	135	39		8		38		41,8	9,1	49,1
BIOLOGIA	76	135	20	49	6	8	39	67	11	2,6	86,4
	77	90	29		2		28		28,4	1,2	70,4
Total/Valores médios			118		24		124		33,4	6,8	59,8
Total de episódios: 266											

A partir dos dados disponibilizados podemos constatar que:

- (1) Dos 266 episódios identificados, 142 situam-se nas aulas da unidade de Geologia e 124 nas aulas da unidade de Biologia;
- (2) A maioria dos episódios identificados corresponde a um discurso de conteúdo, ainda que seguido de muito perto por episódios com um discurso de gestão de aula;
- (3) Há mais episódios de gestão de aula na unidade de Geologia do que na unidade de Biologia. Por outro lado, os episódios de conteúdo estão em maioria nas aulas da unidade de Biologia;
- (4) Os episódios de agenda têm um peso relativo pouco significativo (6,8%) se comparado com os episódios de conteúdo (59,8%) e de gestão de aula (33,4%);
- (5) Das aulas analisadas, destacamos a percentagem relativa ao discurso de conteúdo correspondente a cerca de 60% do tempo, sendo os restantes 40% respeitantes a discurso de gestão de aula e a discurso de agenda, o que permite inferir que os episódios de conteúdo serão mais longos que os de agenda e gestão.

Neste momento, parece-nos importante ressaltar que o discurso de gestão contabilizado incluiu a realização de trabalho em grupo, o que fez com que os valores do tempo atribuído a este tipo de discurso, nas aulas da unidade de Geologia, fossem elevados. No caso de não contabilizarmos o tempo atribuído à realização de trabalho em grupo das aulas 38 e 42, da unidade de Geologia (únicas duas aulas analisadas onde se realizou trabalho em grupo), os valores passam a ser os expressos na Tabela 28.

Tabela 28

*Caracterização das aulas de Telma em função do tipo de discurso
(sem contabilizar o período relativo ao trabalho em grupo)*

	Aula	Duração prevista (min.)	% de tempo utilizado quanto ao tipo de discurso		
			Gestão de aula	Agenda	Conteúdo
GEOLOGIA	38	90	34,1	19,8	46,1
	42	135	24,3	11,8	63,9
BIOLOGIA	76	135	11	2,6	86,4
	77	90	28,4	1,2	70,4
Valores médios			24,4	8,9	66,7

A partir da leitura destes dados, concluímos que o discurso de gestão de aula continua a ter um destaque considerável, atendendo a que cerca de um quarto do tempo das quatro aulas foi destinado a conversas paralelas entre os alunos, a registos no quadro por parte da professora e dos alunos, a intervenções da professora para tentar controlar o

comportamento dos alunos, a colocar ordem no processo de discussão das perguntas das tarefas ou, ainda, a organizar o material e equipamento de suporte às aulas (computador, videoprojector), entre outras ações.

Se a esse tempo associarmos o discurso de agenda que foi utilizado para rever os assuntos abordados em aulas anteriores, durante o registo dos sumários, ou a planear atividades diversas (por exemplo, visitas de estudo, participação dos alunos em olimpíadas), percebemos que 33% do tempo total efetivo das aulas não contribuiu para trabalhar novos assuntos científicos ou aspetos procedimentais da ciência. Este peso, que nos parece excessivo, tendo em conta que os professores apontaram como um dos maiores obstáculos ao envolvimento dos alunos em atividades de argumentação científica a falta de tempo para cumprir o ‘programa’ (isto é, os conteúdos conceptuais), denota uma dificuldade que Telma revelou na gestão do tempo em aula, a par da já referida dificuldade em gerir o tempo no trabalho em grupo. A professora, na entrevista referente ao final da unidade de Geologia, na qual se sentiu mais o peso do discurso de gestão e de agenda, transmitiu-nos que “[o início das aulas] é muito... muito extenso. Mas, realmente, eu tenho alguma dificuldade em, por exemplo, fazer esse aproveitamento (...) Mas realmente reconheço isso e, se calhar, é uma coisa que se corrige muito facilmente” (EP1B_Te_720). Ainda que os dados quantitativos indiciadores desta dificuldade de gestão do tempo estejam direccionados para as quatro aulas cuja análise foi mais aprofundada, também os registos de observação de outras aulas o corroboram. Assim, a título de exemplo, os registos da aula 37 revelam que apenas ao final de 15 minutos do começo oficial da aula, a professora iniciou um discurso de agenda ao rever os assuntos abordados na aula anterior, encontrando-se o seguinte comentário “dificuldade na gestão do tempo – tempo excessivo na verificação de documentos e em aspetos organizacionais” (RO1_Te).

Na unidade de Biologia, talvez decorrente da reflexão sobre esta dificuldade durante a primeira entrevista, a professora procurou diminuir este tempo de discurso de gestão de aula e de agenda, contribuindo assim para que o tempo dedicado ao discurso de conteúdo tivesse aumentado ligeiramente, conforme se pode verificar da leitura das tabelas anteriores. Efetivamente, na unidade de Geologia, ao discurso de conteúdo foi dedicado um período máximo correspondente a cerca de 65% do tempo total da aula (se não tivermos em conta o tempo dedicado ao trabalho em grupo) e nas aulas de Biologia esse período correspondeu, no mínimo, a 70%.

Outro aspeto que considerámos importante foi investigar o tempo de aula em que a voz da professora e a dos alunos se fez ouvir. A Tabela 29 apresenta alguns dados referentes às quatro aulas que temos vindo a analisar. Na determinação dos valores apresentados, não foi tido em conta o tempo de realização do trabalho em grupo mas somente o período das aulas onde ocorreram interações entre a professora e o grupo-turma, uma vez que, tal como afirmámos anteriormente, não foram intencionalmente gravadas as interações que ocorreram nos grupos e entre os grupos e a professora (quando Telma circulava por entre os grupos para esclarecer dúvidas ou apoiar os alunos na realização das tarefas).

Tabela 29

Tempo de fala da professora, dos alunos e de pausas em quatro aulas de Telma

	Aula	Tempo total da transcrição da aula (s)	Fala da professora (s)	Fala dos alunos (s)	Pausa (s)
GEOLOGIA	38	3896	2852	369	675
	42	5636	4886	375	375
BIOLOGIA	76	7774	5946	1263	565
	77	4911	3847	796	268
Total		23117	17531	2803	1883

Os dados expostos na Tabela 29 permitem-nos afirmar que:

- (1) A voz da professora dominou o discurso das aulas, com um peso relativo que varia entre os 73,2%, na aula 38 e 86,7%, na aula 42;
- (2) O tempo de fala dos alunos é sempre muito inferior em relação ao da professora, nunca ultrapassando os 16,2% do tempo total de aula;
- (3) Os alunos tiveram maior intervenção oral nas aulas da unidade de Biologia (16,2% do tempo, em cada uma das duas aulas) do que nas de Geologia (9,5%, na aula 38 e 6,7%, na aula 42);
- (4) Nas aulas da unidade de Geologia, os tempos de pausa (registos no quadro, pausa entre interações, distribuição de materiais, entre outros) foram iguais ou superiores aos da intervenção oral dos alunos.

Em parte, estes resultados veem-se apoiados por afirmações expressas por alguns investigadores (Arends, 2012; Barnes, 2008; Jesus, 1991; Lemke, 1997) ao referirem que a voz dos professores continua a prevalecer nas salas de aula, dando, por vezes, pouca oportunidade aos alunos para se fazerem ouvir, limitando a sua participação ativa no processo de exploração e elaboração do conhecimento científico escolar.

A prevalência da voz da professora nas aulas foi referida pelos alunos de Telma, durante a entrevista em grupo. Juca foi um dos alunos que mais apontou essa característica do discurso das aulas de Biologia e Geologia: *“Que ela [a professora] fala muito. Poderia falar menos e tentar demonstrar mais, pronto, para não ser aquela conversa que aqui entra a cem e sai a duzentos!”* (EA_40). Esta afirmação de Juca foi, ainda corroborada pelos outros dois colegas: Carla e Rui. Porém, estes dois alunos não foram tão críticos da atuação da professora quanto à dimensão em análise. Carla referiu que o facto de a professora falar muito, *“por um lado é positivo porque o facto da stora ‘tar’ a repetir, às vezes, as coisas e se nós estivermos com atenção, percebemos, às vezes, os fenómenos... a matéria que ‘tamos’ a dar”* (EA_44/46). Contudo, Carla também destacou *“Mas, às vezes, há o problema... é que fala tanto, fala tanto que nós vamos começando a ficar desconcentrados”* (EA_Te_46). Já em relação à participação dos alunos nas aulas, consideraram-na diminuta e Juca, uma vez mais, apontou que tal se deve ao excessivo protagonismo da professora nas aulas: *“Nós participamos pouco. Mas, mesmo que nós participemos muito, a professora como... pronto, torna os assuntos mais pela sua voz, nós não temos capacidade de... pronto, falar tanto porque a professora, fala! E não deixa os outros falar”* (EA_42). Esta posição de Juca foi, contudo, complementada por Carla, que afirmou que quer ela, quer outros colegas foram intervindo nas aulas: *“Sobre esta questão [da participação oral dos alunos na aula] eu gostava de dizer uma coisa. A professora sempre nos meteu muito à-vontade para participarmos na aula e, sempre que achei necessidade, eu fiz”* (EA_154).

Ao confrontarmo-nos com alguns registos de observação das aulas e das transcrições, percebemos que há, efetivamente, uma baixa intervenção oral dos alunos, que se cinge, na maioria dos casos a breves palavras e a completar frases iniciadas pela professora, conforme discutiremos adiante, a propósito da análise ao padrão interativo predominante nas aulas analisadas. A própria professora também reconheceu que os alunos assumiram um papel secundário nas aulas ao referir *“E... e realmente quer dizer... o papel predominante acho que... [os alunos] não têm tido... naquilo que tu observaste, fundamentalmente, o papel predominante, nitidamente, não é o deles”* (EP1B_Te_430). Segundo Telma, há vários motivos que permitem justificar esse papel menos ativo dos alunos na participação oral durante as aulas. Assim, para a professora, os alunos (i) nem sempre são confrontados com situações que lhes exigem esse papel; (ii) apresentam

dificuldades na expressão oral; (iii) têm receio de exprimir as suas opiniões e de errar, expondo-se perante os seus pares e professora e (iv) alguns alunos são tímidos.

A fim de melhor compreendermos o que esteve em ‘jogo’ ao nível do discurso patente nas aulas, nas quais a professora teve por intenção desenvolver práticas pedagógicas escolares que procurassem mobilizar nos alunos a argumentação científica, pensamos que se torna fundamental efetuar outros tipos de análise de conteúdo ao discurso. Para tal, iremos discutir acerca da natureza das questões orais que foram emergindo nas aulas de Telma, bem como identificar e caracterizar os padrões interativos predominantes e a abordagem comunicativa gerada nos episódios conotados com um discurso de conteúdo, considerando que a intervenção pedagógica do professor é fundamental para o desenvolvimento da capacidade argumentativa dos alunos (Santos, Mortimer, & Scott, 2001).

Diversos estudos (Almeida, 2007; Alsop, Gould, & Watts, 2002; Amos, 2002; Ferreira, 2010; Forbes, & Davis, 2009; Jesus, 1991; Jesus, Almeida, & Watts, 2004), têm vindo a evidenciar a centralidade que as perguntas assumem nos processos de ensino e de aprendizagem das ciências e nas práticas argumentativas (Jiménez-Aleixandre, 2008). Os dados que recolhemos, a partir da análise de conteúdo do discurso das aulas em que nos temos centrado, são, também eles, reveladores do destaque que as perguntas têm no contexto educativo (Tabela 30).

Tabela 30

Número total de perguntas orais colocadas por Telma e pelos alunos ao longo de quatro aulas

	Aula	Tempo total da transcrição da aula (s)	Nº. total de perguntas da professora	Nº. total de perguntas dos alunos
GEOLOGIA	38	3896	217	21
	42	5636	438	8
BIOLOGIA	76	7774	754	13
	77	4911	398	34
Total		23117	1807	76

Uma primeira conclusão que ressalta dos dados da tabela anterior traduz-se no elevado número de perguntas propostas pela professora, em particular, se comparado com o baixo número de perguntas dos alunos. A partir dos dados, podemos, salientar o seguinte:

(1) A professora produziu 96% do total de perguntas que emergiram nas quatro aulas analisadas, pelo que as formuladas pelos alunos não foram além dos 4%;

(2) O número de perguntas colocadas pela professora foi maior nas aulas da unidade de Biologia (1152) do que nas de Geologia (655). O mesmo sucedeu em relação às perguntas apresentadas pelos alunos (29, nas aulas de Geologia, contra 47, nas aulas de Biologia);

(3) Em média, a cada 13 segundos, a professora colocou uma pergunta, ou seja, em cada minuto Telma formulou, aproximadamente, quatro perguntas. Já o ritmo de apresentação de perguntas pelos alunos foi uma em cada cinco minutos;

(4) A aula 76 foi aquela onde a frequência de perguntas colocadas pela professora e pelos alunos foi maior (seis perguntas por minuto, em média, no caso da professora e, aproximadamente, uma pergunta a cada 2,5 minutos, pelos alunos) e a aula 38 foi a que revelou uma frequência menor (três perguntas por minuto, em média aproximada) de perguntas da professora, tendo sido a aula 42, a que correspondeu a um menor número de perguntas levantadas pelos alunos (uma pergunta a cada 12 minutos, aproximadamente).

Os valores apresentados seguem a linha dos dados de várias investigações dedicadas ao estudo do questionamento em sala de aula (Dillon, 1988; Graesser, & Person, 1994; Jesus, 1987). Alguns dos valores constantes das conclusões anteriores são até superiores aos encontrados nesses estudos, como o número de perguntas que Telma colocou, em média, nas quatro aulas analisadas. Contudo, mais do que os valores indicados, que são relevantes para nos permitir caracterizar o tipo de práticas pedagógicas desenvolvido por Telma, parece-nos, também, pertinente analisar a natureza das perguntas orais formuladas, considerando que as que potencialmente mais contribuem para as práticas argumentativas são as perguntas abertas. Assim, procedemos à categorização de todas as perguntas da professora, das quatro aulas em análise, recorrendo à classificação de Blosser (2000), que já usámos na ocasião da descrição das tarefas implementadas nas aulas. Contudo, à classificação usada anteriormente associaram-se outras duas categorias previstas no sistema de classificação referido, mais vocacionadas para o discurso oral – perguntas de retórica e perguntas de gestão. Na Tabela 31 podem consultar-se alguns exemplos de perguntas da professora enquadradas nas diferentes categorias.

Tal como já referimos a propósito da análise anteriormente apresentada, as perguntas fechadas focam-se no conhecimento factual da ciência e as perguntas abertas procuram promover o pensamento crítico e criativo, contribuindo para não limitar as

aprendizagens dos alunos a um conjunto de termos ou conceitos e a um elenco de factos científicos que eles devem conhecer. As perguntas de gestão pretendem facilitar as ações da professora na manutenção do funcionamento da aula, com a finalidade de se atingir um conjunto de objetivos previstos.

Tabela 31

Sistema de categorização, com exemplos, das perguntas orais de Telma (Blosser, 2000)

Categorias de perguntas		Exemplos
Perguntas fechadas	Memória cognitiva	<i>Outras designações para as ondas S? (A42_Te)</i> <i>Como é que se chamam os constituintes dos alimentos? (A77_Te)</i>
	Pensamento convergente	<i>Qual dessas três estações sismográficas estaria mais perto do epicentro do sismo? (A42_Te)</i> <i>Tiveste alguma evidência de que se libertava água? (A77_Te)</i>
Perguntas abertas	Pensamento divergente	<i>Como é que vocês defenderam a vossa posição? (A76_Te)</i> <i>O que é que tu dirias mais? (A77_Te)</i>
	Pensamento avaliativo	<i>Acham que o esquema traduz isso? (A42_Te)</i> <i>Então, e porque é que tu achas que elas respiram à noite? (A76_Te)</i>
Perguntas de gestão		<i>Quem é que não tem a ficha? (A38_te)</i> <i>Posso baixar aqui o ecrã? (A76_Te)</i>
Perguntas de retórica		<i>Sim, de vez em quando são várias as direções, não é? (A38_Te)</i> <i>Tiveram que fundamentar, não tiveram? (A76_Te)</i>

As perguntas de retórica correspondem a todas as que a professora formulou para fazer enfatizar um ponto ou aspeto, sem a pretensão de receber qualquer resposta dos alunos, ainda que, por vezes, isso suceda (Blosser, 2000). Na Tabela 32 encontram-se dados sobre a frequência relativa das perguntas da professora, por categoria e por aula.

Tabela 32

Distribuição das perguntas orais de Telma por categorias (Blosser, 2000)

		Perguntas fechadas		Perguntas abertas		Perguntas de gestão	Perguntas de retórica
	Aula	Memória cognitiva (%)	Pensamento convergente (%)	Pensamento divergente (%)	Pensamento avaliativo (%)	(%)	(%)
GEOLOGIA	38	5,1	22,1	4,1	0	31,8	36,9
	42	12,3	20,6	0,2	0	24,2	42,7
BIOLOGIA	76	14,5	30,6	3,2	2,5	19,9	29,3
	77	19,1	26,1	5,5	3,3	28,9	17,1
Valores médios		12,8	24,8	3,3	1,4	26,2	31,5

Face às informações disponíveis na Tabela 32 parece-nos ser de destacar os seguintes aspetos:

(1) As perguntas de gestão e de retórica foram as de maior visibilidade no discurso da professora, em particular nas aulas da unidade de Geologia, se comparadas com as perguntas fechadas e abertas;

(2) As perguntas fechadas e abertas foram mais frequentes nas aulas da unidade de Biologia;

(3) As perguntas abertas, particularmente, as que promovem o pensamento avaliativo, mais apropriadas para a promoção de práticas argumentativas, foram as menos destacadas ao longo das quatro aulas. Sobressai, também, a ausência daquele tipo de perguntas, durante as aulas de Geologia. Ainda que tenham surgido nas aulas de Biologia, as perguntas de pensamento avaliativo foram pontuais, sem grande destaque, se comparadas com as perguntas das restantes categorias;

(4) As perguntas de cariz cognitivo mais emergentes no discurso da professora foram as de pensamento convergente, logo seguidas das de memória cognitiva.

Estes resultados permitem-nos afirmar que a professora, ao longo das aulas, veiculou fundamentalmente um questionamento de baixo nível cognitivo, com a preocupação preponderante de salientar os conteúdos do conhecimento substantivo, relacionados com a apropriação de termos, conceitos e factos, para além das perguntas de gestão e de retórica, classificadas no estudo de Almeida e Souza (2009), como ‘não científicas’, quanto à função comunicativa. Os resultados aqui apresentados são, também eles, corroborados pela investigação daqueles autores, onde se refere que uma das professoras do estudo formulou predominantemente perguntas não científicas (76%). Nesse mesmo estudo, os alunos da referida professora também emitiram, essencialmente, perguntas de gestão (78%). O mesmo sucedeu nas aulas de Telma, onde as perguntas de gestão ou de rotina representaram cerca de 42% do total de 76 perguntas formuladas pelos alunos. Logo em seguida, as perguntas de concordância e/ou apoio (17,1%), de pedidos de informação (11,9%) e de clarificação (9,2%) foram as mais colocadas.

Na Tabela 33 apresentamos alguns dados de frequência relativa e exemplos dos diferentes tipos de perguntas formuladas pelos alunos, de acordo com a categorização elaborada por Jesus (1991). Os exemplos constantes da tabela são, por vezes, seguidos de uma breve contextualização da pergunta pois, apenas em situação se pode compreender, de forma mais clara, a função da pergunta colocada pelo/a aluno/a. Na investigação

realizada por Jesus (1991), as três categorias de perguntas, elaboradas pelos alunos, mais frequentes coincidem com as do presente caso, sendo de ressaltar a semelhança que existe entre a frequência elevada de perguntas de gestão e de rotina no discurso da professora e dos alunos, em detrimento de perguntas de nível cognitivo mais elevado e de maior abertura, presentes em práticas argumentativas.

Tabela 33

Categorização e exemplos das perguntas orais colocadas pelos alunos de Telma (Jesus, 1991)

Categoria	Exemplo	Frequência relativa (%)
Reforçar a pergunta do professor (repetindo o final)	<i>Orgânica?</i> (A77) (Após a professora ter concluído o turno de fala com este termo)	1,3
Procura de concordância e/ou apoio	<i>Não falta aqui uma tensão?</i> (A38)	17,1
Confirmação de ‘frações’ de informação	<i>Dois?</i> (A77) (Após um outro aluno ter referido que a molécula de água era constituída por dois átomos)	7,9
Pedidos de informação (perguntas clamando por informação)	<i>Não há maneira de preverem um sismo, por exemplo, através do... da amplitude?</i> (A42)	11,9
Pedidos de clarificação	<i>Como assim... diretamente é o quê?</i> (A77)	9,2
Procura de orientação na identificação ou resolução de problemas	<i>Que dados é que eu tenho para não achar isso?</i> (A76)	5,3
Procura de orientação quando fazem inferências ou testam hipóteses	<i>Mas, então, porque é que as plantas vão fazer a respiração durante o dia?</i> (A76) (Após se terem levantado duas hipóteses: ou a plantas respiram apenas à noite ou respiram durante todo o dia)	2,6
Procura de orientação em procedimentos experimentais	<i>E também são da mesma rocha?</i> (A38) (A propósito da experiência que consta da TA1, sobre o efeito da pressão exercida sobre blocos de rocha).	2,6
Perguntas de rotina / Perguntas de gestão de aula	<i>Oh stora, o que é que está ali escrito?</i> (A77)	42,1

Não queremos terminar esta análise ao questionamento ocorrido nas aulas de Telma, sem salientar que mesmo as perguntas de nível cognitivo mais elevado (abertas) se cingiram, com alguma regularidade, a exigir respostas curtas e sem grandes incentivos a que os alunos produzissem o seu discurso de forma mais autónoma. Frequentemente, a professora formulou várias perguntas, em sequência, com pausas muito curtas entre elas (de cerca de um segundo, na maioria das situações). Algumas dessas perguntas assumiram

um carácter mais aberto, sendo acompanhadas de outras de carácter factual, de forma a conduzir ou orientar a evolução da estória científica. A fim de evidenciar este aspeto, transcrevemos um segmento de um episódio da aula 77, iniciado por um aluno – o Juca – que colocou a seguinte pergunta à professora: “As plantas também usam a nossa urina como matéria?”. Esta pergunta surgiu na sequência da abordagem ao conceito de fotossíntese quando se discutia, na aula, a transformação da matéria orgânica em matéria inorgânica e vice-versa:

- 1 J (Juca) – Oh stora, isto é... é mesmo pertinente, Stora, as... as...
 - 2 P (Professora) – Calem-se lá!
 - 3 J – ... as plantas também usam a nossa urina como matéria?
 - 4 P – Diretamente, não.
 - 5 J – Como assim... diretamente é o quê? Elas vão buscar os nutrientes... *[O aluno é interrompido pela professora]*.
 - 6 P – Ou seja, eu não te aconselho a regar as plantas lá em casa...
 - 7 J – Nãoooo! Eu dou um exemplo: a gente ‘tá no mato e dizem sempre “faz aí que é para regar as plantas”...
 - 8 P – Sim. E o que é que tu achas que vai acontecer? A urina... a urina, qual é o principal constituinte da urina, para já?
 - 9 J – Água.
 - 10 P – Água. Pronto. Olhem têm que fazer menos barulho! Água e para além da água terá outros constituintes, não é? Aquilo não é só água, pois não? Pronto.
- [...] (A77_Te)

O aluno inicia o episódio com uma pergunta, através da qual faz um pedido de informação. À pergunta de Juca, a professora responde “diretamente, não”, talvez com a intenção de encerrar o episódio. Contudo, o aluno faz um pedido de esclarecimento, usando um contexto vivencial próximo, procurando clarificar o assunto. No turno de fala 8, a professora formula uma pergunta, de natureza aberta, no domínio do pensamento divergente, mas logo em seguida, apresenta uma nova pergunta fechada, no domínio do pensamento convergente. Desta forma, a professora diminuiu a possibilidade de fomentar a discussão em aula, que potenciaria o desenvolvimento da argumentação científica, tendo optado por dirigir o processo de elaboração do conhecimento recorrendo a uma pergunta de natureza fechada. Como referimos antes, houve diversas situações de discussão em aula que apresentaram este padrão, o que nos permite inferir que Telma revelou dificuldades em gerir discussões com recurso a perguntas abertas, promotoras de desenvolvimento de pensamento crítico e da argumentação.

Numa das entrevistas, a professora considerou que canalizou muito as perguntas e que foi pouco respeitadora do ritmo dos alunos. Para Telma, respeitar os ritmos dos alunos, quer na realização das tarefas, quer em termos de tempo de espera para os alunos

formularem uma resposta a uma pergunta oral, é importante mas *“é uma coisa que... que me começa a dar brotoeja, pronto”* (EP1B_Te_33). Contudo, fazendo uma análise à sua ação, admitiu que *“...tenho que lhes dar tempo e tenho sobretudo que os ouvir. Eu acho que não... não os oiço muito, não é?”* (EP1B_Te_266). Já sobre a canalização das perguntas, a professora justificou-a, referindo que *“...eu acho que realmente não confio muito... muito neles [nos alunos], não é, porque no fundo, canalizo, canalizo muito, até em termos das fichas”* (EP1B_Te_260).

Para além das análises até aqui apresentadas, decidimos dar visibilidade aos movimentos discursivos presentes nas quatro aulas que temos utilizado como suporte na caracterização das práticas pedagógicas escolares de Telma, por considerarmos o seu papel determinante na promoção de contextos argumentativos, em concordância com o defendido por diversos autores (Berland, & Reiser, 2009; Jiménez-Aleixandre, 2008; Martin, & Hand, 2009). Para tal, recorreremos a dois aspetos da estrutura analítica desenvolvida por Mortimer e Scott (2002, 2003), já apresentada no Capítulo 2, com a finalidade de caracterizar, de forma mais aprofundada, o género de discurso (Bakhtin, 1986) das aulas de Tema em análise. Esses dois aspetos correspondem a: (1) padrões interativos e (2) abordagem comunicativa.

Os dados referentes àqueles dois aspetos da ferramenta para análise das interações e produção de significados nas aulas de ciências são fruto do escrutínio aos movimentos discursivos presentes nos 123 episódios de conteúdo, das quatro aulas em foco (Apêndice XIV). Nestes episódios foram identificadas 450 sequências interativas, distribuídas da seguinte forma: (i) aula 38, com 56; (ii) aula 42, com 98; (iii) aula 76, com 176 e (iv) aula 77, com 120. Estas sequências interativas foram categorizadas nas classes: (1) padrões triádicos, do tipo I-R-A (iniciação da professora – resposta do aluno – avaliação da professora) ou I-R-F (iniciação da professora – resposta do aluno – *feedback* da professora); (2) sequências estendidas (Mehan, 1979), em que o número total de turnos de fala é superior a três. Entre estas foram, ainda, identificadas sequências curtas (com 4 ou 5 turnos de fala) e sequências longas (com mais de 5 turnos de fala), que foram incluídas em cadeias fechadas (sempre que o último turno, da professora, terminava com uma intervenção avaliativa) ou abertas (sem um turno de fala avaliativo, por parte da professora); (3) sequências iniciadas pelos alunos, sempre que foi identificado um turno de fala de um aluno a abrir a sequência interativa. Seguidamente, apresentamos exemplos,

retirados dos episódios de conteúdo das quatro aulas, para as diferentes categorias referidas.

A- Padrão triádico I-R-A

O próximo excerto foi extraído da aula 38 e refere-se a um momento de discussão da componente 2 da TA1, quando a professora procura esclarecer o procedimento relativo à experiência relatada para estudar os efeitos de tensões sobre cilindros de rocha.

- 1 Professora (P) – Qual a diferença, à partida, entre um e outro?
 - 2 Júlio (Ju) – A temperatura.
 - 3 P – A temperatura a que são sujeitos durante a experiência. O cilindro A foi sujeito a temperaturas quê... Júlio?
 - 4 Ju – Hum... Ah! O ‘A’ a uma temperatura baixa e o ‘B’ a uma temperatura elevada.
 - 5 P – Ok, Então, enquanto decorreu a experiência, o cilindro A foi sempre mantido em temperaturas baixas, o cilindro B, exatamente igual ao A, mas foi mantido sempre a temperaturas elevadas.
- [...] (A38_Te)

A professora iniciou esta sequência do episódio 56, perguntando acerca das diferentes condições a que tinham sido submetidos dois cilindros idênticos do mesmo tipo de rocha (I). Um aluno – o Júlio – responde, prontamente que a temperatura a que os cilindros estavam sujeitos, foi o fator que variou entre os dois dispositivos experimentais (R). A professora, no turno 3, confirma, de imediato, a resposta do aluno, aceitando-a como correta (A). Logo em seguida, iniciou-se outra sequência I-R-A.

B- Padrão triádico I-R- F

A próxima sequência está incluída no episódio 8, da aula 76, intitulado “A experiência de Van Helmont”. A professora iniciava a discussão da ficha de trabalho – TA2 com a análise da referida experiência, considerada relevante, em termos históricos, para a compreensão do processo fotossintético. Para tal, a professora começou por indagar acerca do problema que teria estado na origem da investigação documentada na TA2.

- 1 P (Professora) – E a... e a questão que se colocava relativamente aqui ao... ao trabalho de Van Helmont era a que conclusão deverá ter ele chegado com esta experiência, primeira parte da pergunta e depois tinham que... fundamentar, não é, tinham que... arranjar... os dados todos, escolher os dados que... que fundamentassem então... essa, essa ideia que vocês têm relativamente à conclusão.... alguém quer... algum voluntário ou... ou não? Então, vamos começar pela Cátia. Cátia... Cátia... Carla.
- 2 C (Carla) – Van Helmont concluiu que o crescimento da planta deve-se à colaboração do solo, água e luz solar que lhe são fornecidas, porque a planta durante 5 anos teve um grande aumento do seu peso, enquanto o solo diminuiu pouco o seu peso. *[A aluna leu a resposta que elaborou em conjunto com a colega na aula anterior].*

3 P – Hum... E...a... os outros grupos? Portanto, basicamente... Catarina, o que vocês dizem é que a Van... Van Helmont deve ter chegado à conclusão que... para já, deixem-me só pôr aqui uma questão. Nós já falamos da...de... de investigação científica, já concretizámos aqui nas aulas, em algumas situações, também, digamos, vários passos dessa investigação científica, e vocês têm em ideia já, penso eu, mais ou menos clara, do que é que é isto de concluir, não é? (A76_Te)

A professora fez uma breve explanação do que se pretendia com a pergunta 1 (I) da TA2 e solicitou a participação de uma aluna para apresentar a sua resposta. Após a leitura da resposta (R), que a aluna tinha elaborado, em grupo, na aula anterior, a professora avançou com a intenção de ouvir outros grupos e de parafrasear a resposta da aluna. Contudo, sem tecer qualquer comentário avaliativo à proposta de resposta apresentada por Carla, prosseguiu para outra dimensão da análise efetuada, relacionada com as etapas de uma investigação e do que se entende por ‘conclusão’ (F). Assim, o padrão apresenta algumas características distintas do anterior, atendendo à ausência, pelo menos momentânea, de avaliação, por parte da professora.

C- Sequência estendida

Considerámos como sequências estendidas todas que não se incluíam nos formatos de padrão triádico anteriores.

C1 – Sequência estendida curta fechada

O próximo excerto insere-se no episódio 18, da aula 42. Nele introduziu-se uma análise sobre as características gerais das ondas sísmicas de corpo/volume, em particular, das ondas primárias ou ondas P.

1 P (Professora) – Ondas P ou ondas primárias, que é de onde vem essa... essa inicial, não é? Ondas P, de primárias, mas, também, se podem chamar devido à... e por que é que... por que é que é primárias?

2 A (Alunos) – São as primeiras a chegar.

3 P – Tem a ver com o quê? Tem a ver... São as primeiras a chegar, ou seja, são as mais...

4 A (Alunos) – Rápidas.

5 P – Rápidas! Portanto, essa designação tem a ver com essa característica das ondas. (A42_Te)

O excerto inicia-se com uma pergunta da professora (I), à qual se segue uma resposta de um conjunto de alunos (R), e uma nova intervenção da professora, sem carácter avaliativo explícito (F). A este último turno de fala da professora, segue-se uma outra resposta dos alunos (R), a completar a afirmação prévia de Telma, terminando no turno 5 com uma avaliação final da professora, ao repetir, afirmativamente, a proposta de resposta avançada no turno 4 (A).

C2 – Sequência estendida curta aberta

No episódio 25, da aula 77, identificamos uma sequência, com 5 turnos de fala, com elaboração de significados e clarificação dos conceitos de matéria orgânica e matéria inorgânica. Essa sequência, termina com uma intervenção não avaliativa da professora, ainda que mais tarde e numa outra sequência interativa o faça, ao retomar o mesmo assunto.

- 1 P (Professora) – O que eu 'tou a perguntar é: então que matéria é esta? Matéria inorgânica. Que matéria é esta? Que substâncias são estas que nós estamos aqui a falar quando referimos que eles pegam em matéria inorgânica e transformam em orgânica?
- 2 B (Bernardo) – Dióxido de carbono.
- 3 P – Dióxido de carbono, concordam?
- 4 A (aluno) – Sim.
- 5 P – Sim? Portanto, eles pegam em CO₂, mais...
[...] (A77_Te)

A professora lançou uma pergunta (turno 1) (I), que foi respondida pelo Bernardo, em 2 (R). Em seguida, a professora questionou a turma acerca da concordância com a sugestão apresentada pelo aluno (F), à qual se segue a anuência explícita de um outro aluno (R). A professora prosseguiu, sem realizar uma avaliação clara da resposta avançada por Bernardo, em 2 (F).

C3 – Sequência estendida longa fechada

Estas sequências são idênticas às mencionadas em C1, mas com mais de 5 turnos de fala. Apresentamos, como exemplo, um extrato do episódio 72, da aula 42, na qual se aborda a determinação do epicentro de um sismo, a partir da leitura e interpretação de sismogramas.

- 1 P (Professora) – Sempre que puderem, conjuguem vários dados que é pa' não... não é, vejam, ok, pelo tempo de chegada, em princípio, é esta a estação que está mais próxima, a amplitude também é maior aqui, portanto, mais um... uma... um... um dado a favor daquele... daquela conclusão que eu... que eu estou a tirar... e... e, se houver, registo... de tempo real, não é... se, por exemplo, aqui o tempo registado fosse 9 horas, ou seja, se nesta estação que está mais... mais próxima do epicentro... as... as primeiras ondas P, por exemplo, ti... tivessem chegado às 9 horas, em princípio seria de prever que, a esta estação, por exemplo, aqui, que é a que está das três... é a mais longe, ou não... do epicentro?
- 2 A (aluno) – É.
- 3 P – É? Então, aqui, estas ondas P também chegariam às 9?
- 4 A (aluno) – Não.
- 5 P – Chegariam... antes ou depois das 9?
- 6 Cátia – Depois.
- 7 P – Depois, não é? Porque está mais...

8 A (aluna) – Longe.

9 P – Longe! Portanto, se vocês virem também por aí, não é... ah, realmente esta estação, aqui em tempo real as ondas chegaram, as primeiras ondas chegaram depois daquela outra estação, isso só pode significar que esta estação está mais afastada do epicentro. (A42_Te)

Identificamos, neste excerto, um padrão do tipo I-R-F-R-F-R-F-R-A. A professora inicia com uma pergunta que promove o desenrolar sucessivo de resposta – prosseguimento dos turnos de fala, até que no turno 9 avalia a resposta da aluna, terminando com uma síntese da informação.

C4 – Sequências estendidas longas abertas

Tal como para a subcategoria anterior, também esta corresponde a um padrão idêntico ao apresentado em C2, embora com um número de turnos de fala superior a 5. A sequência que ilustra este padrão interativo foi retirada do episódio 45, da aula 76. Neste episódio a professora procurou explorar a planificação de uma experiência para testar a hipótese de Ingenhousz (1730-1799), relativa à relação entre a intensidade luminosa e a taxa fotossintética.

1 P – Então, passemos para a 8. ‘Planeiem uma experiência simples para testar a hipótese de Ingenhousz descrita em 2’. Então, a hipótese que está aqui colocada é, em princípio a quantidade de oxigénio libertado varia com a intensidade luminosa a que a planta era exposta. O que é que vocês fariam para comprovar, no fundo, no fundo, a... aquela... aquela hipótese tem... tem a ver com quê?... Qual era o problema que estaria, digamos, na origem daquela... daquela hipótese?

2 B – A intensidade da luz.

3 P – Pôr uma questãozinha, vá! (Breve pausa) Será que... o quê? Continuem lá.

4 *[Alguns alunos sugerem respostas ainda que usando algumas palavras iniciais, como intensidade, luz,...]*

5 P – A intensidade da luz...

6 B - ...influencia...

7 P - ...influencia...

8 B - ... a quantidade de O₂ libertado na fotossíntese?

9 P – Ou seja, uma das formas de se medir...a....a...a taxa fotossintética, ou a eficiência fotossintética será o quê? Para nós sabermos se uma planta é mais ou menos eficiente do ponto de vista da fotossíntese, o que é que nós poderemos fazer? Como é que podemos constatar isso, experimentalmente? (A76_Te)

O padrão interativo desenrola-se segundo a sequência I-R-F-R-F-R-F-R, sem que o turno 9 se constitua como um enunciado avaliativo. Aliás, tendo em conta que a professora passou a abordar, no turno 9, uma outra dimensão do assunto científico, integrámo-lo na sequência interativa seguinte.

As sequências iniciadas pelos alunos não seguem o padrão típico de iniciação-resposta-avaliação ou *feedback*, uma vez que o primeiro turno não corresponde a uma iniciação da professora. Estas sequências iniciam-se com uma pergunta ou comentário

formulado pelos alunos, que representa uma interrupção com as intervenções anteriores (sejam elas da professora ou de outros alunos), por se referirem a um assunto diverso ou por não seguirem a linha de intervenção dos outros interlocutores, como exemplifica a sequência interativa anteriormente citada entre Juca e Telma, que partiu da pergunta “As plantas também usam a nossa urina como matéria?”, enunciada por aquele aluno.

Após a categorização das sequências interativas, elaborámos a Tabela 34, que procura sintetizar os principais resultados sobre os tipos de interações discursivas identificados nas aulas de Telma, com a referência às frequências relativas desses mesmos padrões interativos.

Tabela 34

Frequências relativas dos padrões interativos patentes nos episódios de conteúdo de quatro aulas de Telma

		Padrões triádicos (%)		Sequências estendidas (%)				Sequências iniciadas pelos alunos (%)
				Curtas (4 ou 5 turnos)		Longas (Mais de 5 turnos)		
		I-R-A	I-R-F	Sequência fechada	Sequência aberta	Sequência fechada	Sequência aberta	
GEOLOGIA	Aula 38	55,3	1,8	25	0	14,3	0	3,6
	Aula 42	70,4	0	15,3	0	11,2	0	3,1
BIOLOGIA	Aula 76	45,4	1,7	18,2	0,6	27,8	4	2,3
	Aula 77	39,2	1,7	18,3	4,2	19,1	7,5	10

Os resultados apresentados na Tabela 34 permitem-nos descrever algumas das características das interações ocorridas nas quatro aulas de Telma analisadas:

(1) O padrão triádico do tipo I-R-A destacou-se como o mais frequente nas práticas discursivas das aulas. Contudo, é saliente um peso menor deste tipo de padrão nas aulas de Biologia em relação às de Geologia;

(2) O padrão triádico I-R-F esteve quase ausente nos movimentos discursivos das aulas;

(3) Na globalidade das quatro aulas, houve um quase equilíbrio entre a frequência de sequências estendidas (Mehan, 1979) curtas e longas. Ainda assim, nas aulas de Geologia as sequências estendidas curtas (de 4 ou 5 turnos de fala) prevaleceram em relação às longas (com mais de 5 turnos de fala), tendo ocorrido o inverso nas aulas de Biologia;

(4) As sequências estendidas fechadas foram claramente dominantes quando comparadas com as sequências estendidas abertas;

(5) Nas aulas de Geologia, todas as sequências interativas estendidas terminaram com uma intervenção avaliativa da professora. Aliás, somente uma sequência interativa correspondente ao padrão triádico aberto I-R-F, foi identificada ao longo das duas aulas (38 e 42);

(6) As sequências interativas iniciadas pelos alunos apresentam uma frequência baixa. Contudo, essa frequência é superior nas aulas de Biologia em relação às aulas de Geologia.

Em jeito de síntese, podemos considerar que as interações mais frequentes no discurso das aulas de Telma tenderam para o modelo do padrão triádico fechado, do tipo I-R-A, particularmente, nas aulas da unidade de Geologia, restringindo as oportunidades dos alunos desenvolverem um discurso persuasivo. Mesmo as sequências interativas estendidas revelam movimentos discursivos que fazem prevalecer a voz da professora como a que tem o poder de validar o conhecimento científico, definindo uma assimetria de poder discursivo em sala de aula (Mercer, & Dawes, 2008). As intervenções dos alunos são, fundamentalmente, de curta duração, limitando-se a emitir algumas palavras para responder a perguntas objetivas e de resposta única.

Outro dos aspetos analisados em termos do discurso das aulas de Telma foi a abordagem comunicativa utilizada nos episódios de conteúdo. Para tal, classificámos a natureza das intervenções nas aulas de acordo com as duas dimensões previstas na estrutura analítica já mencionada (Mortimer, & Scott, 2002, 2003; Scott, 2008), que podem assumir uma função discursiva em termos de dois extremos: discurso não interativo/discurso interativo e discurso de autoridade/discurso dialógico. Como já referimos, no Capítulo 2, da conjugação dos dois extremos destas categorias surgem quatro classes principais de abordagem comunicativa: discurso não interativo e de autoridade (NI/A); discurso não interativo e dialógico (NI/D); discurso interativo e de autoridade (I/A) e discurso interativo e dialógico (I/D). Em seguida, apresentam-se alguns exemplos de excertos de episódios dos diferentes processos de abordagem comunicativa identificados nas aulas de Telma.

A – Discurso não-interativo e de autoridade (NI/A)

O episódio seguinte, da aula 42, ocorreu anteriormente a um excerto já citado a propósito da determinação do epicentro de um sismo. Neste excerto, a professora refere-se a algumas informações que podem ser obtidas, a partir da análise e interpretação de sismogramas.

Bem... então... realmente, o que fica registado num sismograma... é... é realmente muito importante e podem deduzir-se... uma...uma série de...de coisas a partir da análise desses sismogramas, nomeadamente, e... e está aqui esta listagem, pode-se, através da análise de sismogramas, determinar a distância que aquela estação sismográfica está do epicentro... do sismo. Depois... conjugando... conjugando vários...vários sismogramas obtidos em diferentes estações, desse sismo.... Pode-se... avaliar a velocidade das ondas. Portanto, é isso que vo... que vocês vão passar a fazer já a seguir. Portanto, pode-se até determinar a localização do epicentro do sismo, não só a distância a que esse epicentro se encontra da estação, mas, conjugando dados de várias estações... saber mesmo onde é que...hum... se localizou o epicentro fazer cálculos que permitem saber qual a velocidade... que as ondas que atingiram aquele... aquele... aquela estação sismográfica... se deslocaram. Pode também contribuir para a determinação de um parâmetro, muito importante, da avaliação dos sismos, de que vamos também falar já de seguida, que é a magnitude... de um sismo. E, permite também saber a que profundidade é que o... hipocentro do sismo se localizou. Portanto, tudo isto, vejam lá, a partir da análise do... de sismogramas. (A42_Te)

A finalidade da professora, com esta intervenção, foi antecipar os próximos passos da 'estória científica' acerca do estudo dos sismos, recorrendo ao estudo dos sismogramas. A professora usou uma abordagem não interativa e, por outro lado, veiculou um conjunto de informações científicas, característica dos discursos de autoridade.

B – Discurso interativo e de autoridade (I/A)

No episódio 46, da aula 38, a professora discute com os alunos sobre a atividade prática realizada no contexto da TA1, em que se pretendeu estudar os efeitos das tensões sobre os materiais rochosos.

- 1 P (Professora) – Vítor é relativamente à... Calam-se? (*ruído de conversa de alunos. Pausa breve*) E relativamente à plasticina? O que é que vocês previram em termos do comportamento que este material irá apresentar?
- 2 V (Vítor) - Comportamento dúctil.
- 3 P - Dúctil. E... porquê? Como é que vocês fundamentaram isso?
- 4 V - Em princípio atingiu a rotura e passou da deformação elástica em plástica.
- 5 J (Juca) - Por exclusão de partes.
- 6 P - Portanto, em princípio, conhecendo vocês a plasticina, também muito bem, não é... em princípio o que vocês preveem é que... a plasticina se... se continuar a.... a atuar uma tensão sobre ela, ela vai apresentando uma deformação quê?
- 7 A (aluno) - Elástica.
- 8 P - Elástica?!
- 9 Ju (Júlio) - Plástica. Plástica!
- 10 P - Plástica.
- 11 Ju - Eu tinha dito plástica.
- 12 P - Após o que entra... em quê?
- 13 A (aluno) - Rotura.
- 14 P - Em rotura! Aí é que vai quebrar. Mas só depois de deformar, longamente, de forma plástica, não é? Só depois de uma 'lonnnga' deformação plástica é que ela vai entrar em... rotura. E, portanto, isso corresponde a um comportamento... dúctil. Não é isso? (A38_Te)

Neste episódio, a professora esteve, fundamentalmente, preocupada com a seleção e marcação de significados (neste caso, os conceitos de deformação elástica e

plástica), intervenções características de abordagens interativas e de autoridade. Ainda que tenha dado oportunidade para os alunos intervirem, através de uma sequência de perguntas e de respostas, a finalidade foi alcançar o ponto de vista da ciência, quanto ao assunto abordado.

C – Discurso interativo e dialógico (I/D)

A propósito da definição do conceito de fotossíntese, gerou-se uma discussão em torno dos conceitos ‘radiação solar’ e ‘radiação luminosa’. Juca, a este propósito, iniciou um episódio em que propôs que, para além da luz, também o calor poderia influenciar aquele processo bioquímico, introduzindo, desta forma uma nova perspetiva na discussão:

- 1 J (Juca) - Oh, stora, então como luz é igual a calor.
- 2 P (Professora) - Diz.
- 3 J - Como luz é igual a calor, se calhar.
- 4 P - Luz igual a calor?
- 5 J - A luz produz calor. Portanto, o Sol produz calor. A lâmpada produz calor.
- 6 P - Oh , Juca. Então, vê lá. Vê lá se consegues... ver tudo... tudo aquilo que 'tás aí a meter. Tu 'tas a dizer: a luz produz calor, o Sol produz calor, luz é a mesma coisa que Sol?
- 7 J - Não. Não. Mas o que eu 'tou a dizer é que aquilo que faz com que a planta...
- 8 P - Shhh... Parem. Vamos ouvir o Juca.
- 9 J - ... faça a fotossíntese, não é só...hum hum... a luz, mas, se calhar, também o calor. O calor também influencia ou não?
- 10 A (aluna) - Não.
- 11 B - Não senão não fazia fotossíntese em dias frios.
- 12 J - Ohh...
- 13 P - Tu achas isso?
- 14 J - Mas...mas...
- 15 P - Vocês acham que nos dias frios não há calor?
- 16 A (aluno) - Claro que há calor.
- 17 A (aluna) - Há.
- 18 A (aluno) - Nos dias frios há calor?
- 19 J - Todos os seres vivos produzem calor, acho eu.
- 20 P - Oh, Juca. Ninguém... ninguém está a contestar isso. O que está... o que está aqui em causa... meninos! O que está aqui em causa, é nós, no conceito que estamos ali a construir, vamos colocar "radiação solar" ou "radiação luminosa". (A77_Te)

Este episódio retrata, portanto, uma sequência interativa onde predomina a interatividade entre professora e alunos e em que para além da perspetiva científica acerca da fotossíntese, existe uma outra veiculada pela voz de Juca, o que introduz uma dimensão dialógica ao discurso.

Na Tabela 35, estão presentes os resultados do processo de categorização dos episódios de conteúdo em função das referidas classes de abordagem comunicativa.

Cada um dos 123 episódios de conteúdo foi etiquetado com uma das abordagens comunicativas referidas. Em 35 destes episódios foram identificadas duas classes de

abordagem comunicativa e em outros dois episódios foram identificadas três classes. As duas classes associadas mais frequentes num mesmo episódio foram I/D+I/A, particularmente nas aulas de Biologia, representando 51% dos 37 episódios identificados com mais do que uma classe de abordagem comunicativa.

Tabela 35

Frequências relativas das classes de abordagem comunicativa identificadas nos episódios de conteúdo de quatro aulas de Telma

		Classes de abordagem comunicativa			
		NI/A (%)	NI/D (%)	I/A (%)	I/D (%)
GEOLOGIA	Aula 38	21,7	0	73,9	4,4
	Aula 42	34	0	63,9	2,1
BIOLOGIA	Aula 76	16,3	0	53,1	30,6
	Aula 77	8,1	0	59,5	32,4

Nas aulas de Geologia predominaram os episódios com as classes I/A+NI/A, representando um total de 43% dos mesmos 37 episódios. Assim, as aulas de Biologia foram aquelas onde a professora e os alunos mais interagiram com a finalidade de discutir pontos de vista ou ideias diversas e em que Telma mais se propôs a explorar as ideias dos alunos (*'exploratory talk'*, segundo Barnes, 2008), potencializando, assim, a emergência de práticas argumentativas. Já as aulas de Geologia serviram, essencialmente, para, ainda que de forma interativa, ser veiculada, unicamente, a perspectiva cientificamente aceite acerca dos fenómenos abordados, em particular, os relacionados com a sismologia, dando desta forma poucas possibilidades à discussão e argumentação, em torno de perspetivas diferenciadas.

A abordagem comunicativa I/A foi a mais utilizada nas quatro aulas, o que permite inferir que a intenção da professora com a abordagem dos assuntos foi, essencialmente, a de introduzir e trabalhar ideias científicas, “com o objetivo de desenvolver a estória científica (por meio de dar forma/ selecionar/ marcar ideias-chave)” (Mortimer, & Scott, 2002, p. 301, *itálico no original*). Ainda assim, houve, também, momentos em que a professora procurou valorizar a voz dos alunos e considerar as suas ideias acerca dos assuntos em discussão, favorecendo o dialogismo na sala de aula. Estas situações ocorreram com maior frequência na unidade de Biologia, como já anteriormente mencionámos. Curiosamente, a introdução de perspetivas alternativas às difundidas pela professora foram sempre veiculadas pela voz dos alunos, uma vez que não foram identificados quaisquer episódios com uma abordagem de natureza não-interativa e

dialógica, o que traduz que a voz de Telma, nas aulas, teve a função principal de avaliar os contributos dos alunos para a elaboração do conhecimento, decidindo da sua adequabilidade, ou não, segundo a perspetiva científica.

Os resultados que temos vindo a apresentar ao longo desta secção foram corroborados pela professora e pelos alunos, durante as respetivas entrevistas. Telma reconheceu, nomeadamente, diferenças ao nível da sua intervenção, nas aulas de Geologia e de Biologia. A professora referiu que teve um papel muito diretivo nas aulas de Geologia e que canalizou os alunos para as respostas ‘corretas’, tal como já antes tínhamos salientado, o que dificultou a emergência de um discurso argumentativo nas aulas. Na primeira entrevista, Telma disse que:

A minha tendência é mesmo sempre dirigir um bocadinho a aula, não é... gosto que eles participem, é verdade que sim, acho que é importante, também acho que não me saio especialmente bem a esse nível (*risos*)... se eu puder debitar, debitar, debitar... e eles estarem ali caladinhos a ouvir, que também nem sempre consigo, não é verdade... as coisas parecem-nos mais fáceis, não é... tenho, tenho esta dificuldade... (EP1A_Te_111).

A professora referiu que ‘debitar’ os conteúdos é uma estratégia de aula, para si, mais natural do que envolver os alunos em debates ou discussões. Ainda assim, considerou relevante o papel que estas têm para a aprendizagem dos alunos. Consideramos que esta posição pode estar relacionada, por um lado, com as dificuldades em gerir discussões e, por outro, com a necessidade de um maior controlo de Telma sobre o ‘*que*’ dos conteúdos transmitidos aos alunos, ao recorrer a uma abordagem menos interativa e mais autoritária, para além da já mencionada falta de confiança na capacidade dos alunos para responderem a determinadas perguntas de natureza aberta. Este tipo de abordagem também tranquiliza mais a professora, quanto ao ritmo de cumprimento do programa da disciplina, já que Telma demonstrou sempre grande apreensão pelo facto de estar a preparar os alunos para realizarem um exame nacional, conforme salientou a dado momento: “...*não posso perder a perspetiva e essa é também sempre uma preocupação muito... muito grande, de todos que estamos a lecionar disciplinas que tenham exame nacional...*” (EP1A_Te_82). Nas abordagens interativas, a professora assumiu que orientou muito as discussões mas que a natureza das próprias tarefas também condicionou a sua ação: “...*eu solicito que um grupo me diga a resposta, eu depois ‘tou logo ali também um bocadinho: “mas acham? E quem... quem... quem é que concorda?” e depois concordam todos porque aquilo também não tinha muito que escolher... não é?”* (EP1A_Te_280).

Em relação às aulas da unidade de Biologia, a professora considerou que houve uma mudança no seu desempenho, ao procurar dar mais espaço aos alunos para participarem oralmente e ao tentar que as discussões fossem mais abertas, tendo comentado que *“...realmente acho que... que foi tudo... discutido! Ou seja... na... não sei, da minha parte, digamos assim, acho que... não tentei canalizar, dirigir, deixei... deixei que a discussão fosse aberta”* (EP2_Te_105). Contudo, simultaneamente, Telma revelou insegurança quanto à eficácia da abordagem comunicativa usada nas aprendizagens dos alunos, quando comentou acerca da leitura que fez da transcrição das aulas de Biologia:

O que eu acho até quando... quando leio é que, às vezes, parece que as pontas ficam todas muito soltas, percebes? Quando... quando há estes momentos de discussão... assim, o que me apetece era depois ‘ok, agora vamos fazer um ponto da situação’, não é? O que também é importante, não é, pa’... pa’... pa’ que as ideias fiquem claras. Mas, quando leio as transcrições, ‘Ai, meu Deus, mas isto é alguma coisa? Isto... isto... isto, se calhar, é tudo uma... uma grande confusão!’” (EP2_Te_107)

Através desta citação, Telma parece querer afirmar que teve dificuldades em adaptar-se a este papel que considerou manifestamente diferente do assumido durante as aulas de Geologia. A professora apontou, ainda, a existência de fragilidades no processo de envolvimento dos alunos na discussão e argumentação científica. Como justificação para a ocorrência de fragilidades no seu desempenho citou a formação inicial e contínua e a dificuldade em gerir discussões, escudando-se numa provável ‘falta de jeito’ para as conduzir e nas dificuldades que os alunos tiveram na realização da TA4, que atribuiu a problemas relativos ao uso da linguagem científica. Ainda, assim, considerou, também, que apesar das fragilidades no seu desempenho com a finalidade de envolver intencionalmente os alunos em práticas de argumentação científica, eles revelaram-se mais disponíveis para discutir e mais motivados nas tarefas de Biologia: *“...as questões que foram sendo colocadas, eu acho que eles... se... quase que... as tomaram como próprias! Portanto, aquilo dizia-lhes alguma coisa, eles sabiam do que é que estavam a falar...”* (EP2_111). Para Telma houve algumas evoluções quanto à participação oral dos alunos, ainda que dentro de alguns limites, atendendo a que, em várias aulas, apesar de terem veiculado mais as suas opiniões perante os colegas, continuaram a fazê-lo com muitos pruridos e com ‘muitas reticências’, mas *“...de qualquer das maneiras, acho que... enfim... se sentem mais seguros e mais envolvidos do que no... no primeiro período...”* (EP2_Te_436).

4.2.1.3 – A argumentação científica nas aulas

Em relação às aulas da unidade de Geologia, a professora mencionou a dificuldade que sentiu em desenvolver práticas argumentativas, tendo admitido que o tema da sismologia, em particular, lhe trouxe obstáculos acrescidos, por ser uma área que envolve conhecimentos científicos que não dominava totalmente:

Eu senti imensas dificuldades e se calhar vou sentir sempre independentemente dos temas que tratar com eles... em... desenvolver com eles este tipo de competências. Mas acho que a Geologia, para já porque não é a minha área... e depois mais concretamente a sismologia... acho que é... é realmente muito, muito complicado, não é... de abordar... esta, esta temática nesta perspetiva da... da... da argumentação (EP1A_Te_33).

Segundo Telma referiu, durante uma das entrevistas, “(...) *há determinados conteúdos científicos para os quais eu não me sinto habilitada a... a... a usá-los de forma a desenvolver a argumentação científica*” (EP2_Te_251). Para além destas dificuldades cuja tónica, em referência às palavras de Telma, é de índole exclusivamente científica, a professora salientou, também, as suas limitações em termos de conhecimento didático para implementar práticas argumentativas:

Eu olho para aquilo e digo assim: ‘oh pá, como é que eu vou pegar nisto de forma a que os miúdos possam... colocar hipóteses, dar as suas opiniões e depois fundamentarem’... Não... não sei! (...) Eu acho que as limitações são mais, se calhar, do ponto de vista didático (EP2_Te_255/259).

Na secção anterior, analisámos diferentes características do discurso presente nas aulas de Telma, que se revelaram como obstáculos ao envolvimento dos alunos na argumentação científica, nomeadamente, em relação às tipologias de abordagem comunicativa e de padrão interativo. A professora declarou que não atingiu completamente aquele objetivo, particularmente na unidade de Geologia, ainda que algumas perguntas fossem propícias ao desenvolvimento da argumentação (numa ótica de uso de provas). Quando lhe foi pedido que indicasse uma situação ou episódio, das aulas de Geologia observadas, onde os alunos se tivessem envolvido em processos de argumentação científica, Telma referiu “*Eu assim concretamente, não... não me consigo lembrar assim de nenhum momento embora, por exemplo, aquela... aquela ficha sobre o comportamento dos materiais, etc., fosse muito canalizada para aí*” (EP1B_Te_115). O fundamento desta afirmação de Telma encontra-se na sua conceção de argumentação científica. Para a professora, as tarefas propostas na unidade de sismologia, supostamente, envolveriam os alunos na argumentação científica pois eles seriam levados

a elaborar determinadas conclusões com base em dados experimentais (obtidos ou fornecidos) e a fundamentarem as suas conclusões, afirmações ou ideias. Assim, ainda que os alunos não tivessem realizado “*um exercício de argumentação clássico*” (EP1B_Te_240), proporcionou-se o uso de provas e a sua seleção em função da defesa ou crítica de uma determinada conclusão, afirmação ou ideia. Daí que, para Telma, a argumentação científica esteja relacionada, neste contexto, com o sentido crítico e o uso e seleção de dados ou provas na sustentação de enunciados. Contudo, o emergir da argumentação seria facilitado caso tivessem sido fomentados desacordos pois, segundo a professora,

Eu acho que... que... acho que [os desacordos] são...muito... muito importantes! Agora... eu sinceramente... até aqui tenho sentido muita dificuldade em gerar situações, em pensar em situações... ou em aproveitar eventualmente situações em que possa haver argumentação e contra-argumentação, não é... ou duas posições quase que antagónicas ou, pelo menos... suficientemente diferentes para dar discussão... relativamente a uma determinada situação (EP1B_Te_151).

Esta afirmação da professora é coerente com outra posição manifestada anteriormente a propósito da discussão das perguntas da TA1. Recordamos que Telma achou que não tinha havido muitas oportunidades reais de discussão e de argumentação nas aulas de Geologia pois os alunos ‘concordavam’ todos com as respostas propostas pelos colegas, ‘*porque aquilo também não tinha muito por onde escolher*’ (EP1A_Te_282).

Numa fase posterior, após as aulas de Biologia, a professora retomou a defesa do desacordo como elemento relevante no espoletar da argumentação, que segundo ela, esteve presente em algumas aulas da unidade de fotossíntese:

enfim se fosse tudo muito consensual, se todos tivessem colocado a mesma... ou se tivessem feito a mesma previsão, sendo muito consensual, às tantas não... não... não permitiria uma... uma discussão e, portanto, enfim, cada... cada um dos grupos defender a sua... sua posição (EP2_Te_85).

Assim, para Telma, enquanto nas aulas da unidade de Geologia, os alunos, ainda que tivessem usado provas com o objetivo de apoiar ou refutar alguns enunciados científicos, o facto de as respostas às perguntas das tarefas ou de outras colocadas durante as aulas serem consensuais, limitou, não a construção de argumentos, mas o processo de discussão e de argumentação. A própria professora admitiu que terá sido ela mesma a desenvolver processos de argumentação científica, em vez dos alunos, ao afirmar: “*...não quer dizer que não se passe algum exercício de argumentação, mas, se calhar... sou mais eu que os faço*” (EP1B_Te_37). Segundo a professora, estas atividades estiveram, contudo, presentes durante as aulas da unidade de Biologia por se ter fomentado, através das tarefas usadas,

o desacordo, o que propiciou a apresentação de pontos de vista diferentes, pelos alunos, sobre um mesmo assunto científico em discussão.

Para analisar as perspectivas da professora em torno do envolvimento dos alunos em processos de argumentação científica, decidimos identificar as práticas epistémicas em que eles estiveram envolvidos durante as aulas das duas unidades. Para tal, partimos da transcrição das quatro aulas que terão sido mais propícias à ocorrência de episódios de argumentação e que têm sido analisadas ao longo da presente secção deste trabalho – 38, 42, 76 e 77. Através da leitura das transcrições dessas aulas, localizámos excertos ou sequências que categorizámos de acordo com o elenco de práticas epistémicas. O elenco de práticas epistémicas explicitadas no discurso dos alunos e utilizada na análise deste trabalho é a que consta de Tavares (2009). A Tabela 36 apresenta alguns exemplos das práticas epistémicas identificadas ao longo daquelas quatro aulas, relativas à dimensão ‘produção do conhecimento’.

Tabela 36

Exemplos de práticas epistémicas no domínio da produção do conhecimento retirados das aulas de Telma

Aula / Episódio	Conteúdo temático	Prática epistémica	Exemplo
42/61	Previsão sísmica	Problematizar	A (Aluno/a) – Não há maneira de preverem um sismo, por exemplo, através do...ai, como é aquilo? P (Professora) – De um sismógrafo? A – Sim.
77/49	Hipóteses acerca da origem do O ₂ na fotossíntese	Elaborar hipóteses	P – No fundo que alternativas é que se colocavam? O que é que vocês acham? A ₁ – Se ele vem do CO... A ₂ – CO ₂ . A ₁ – CO ₂ ou H ₂ O...se confirmar a equação.
76/24	Hipótese de Hales	Planear investigação	A – Nós pusemos, também, que púnhamos as duas plantas, a experiência que eles já tinham feito e acrescentávamos mais duas. P – Mais duas e faziam o quê a essas duas? A – Uma metemos sem ar e exposta à luz e outra com ar.
38/42	Comportamento frágil dos materiais	Utilizar conceitos para interpretar dados	P – E como é que tu fundamentaste essa previsão? A – Após a... a régua ter... ter sido deformada elasticamente, o material entra em rotura sem sofrer deformação.
38/25	Deformação elástica	Articular conhecimento observacional e conceptual	P – O que é que vocês puseram ali no fundamento? A – A gente pôs que se deformaram mas voltaram à sua posição inicial. P – Portanto, quando... se exerceu uma tensão, a régua... A – Deformou.

38/51	Tensões confinantes	Lidar com situações anómalas ou problemáticas	A – Oh stora, pode vir aqui?... Não falta aqui uma tensão?
77/20	Energia luminosa / Energia solar	Considerar diferentes fontes de dados	A – Há lâmpadas... há lâmpadas de coiso de ultravioleta e isso. ‘Tá no livro de Física.
38/45	Comportamento frágil	Verificar a compreensão	P – E quanto à plasticina? A – Mais rígido do que frágil, não?
42/55	Deformação provocada pelas ondas de Rayleigh	Concluir	P – Então, e... isto significa que os materiais como é que vão... ficar? A – Deforma os materiais à sua passagem ocorrendo alteração de forma e de volume.

Não foram identificados excertos ou sequências relativas à prática ‘construir dados’, uma vez que não foram recolhidas as interações do trabalho em grupo, nas quais, com maior probabilidade, poderão ter surgido questões ou afirmações durante a recolha de dados, na única atividade prática de caráter laboratorial que os alunos realizaram (TA1).

A Tabela 37 apresenta exemplos de práticas epistémicas das aulas relativas ao domínio da ‘comunicação do conhecimento’.

Tabela 37

Exemplos de práticas epistémicas no domínio da comunicação do conhecimento retirados das aulas de Telma

Aula / Episódio	Conteúdo temático	Prática epistémica	Exemplo
76/60	A respiração e a fotossíntese: processos antagónicos?	Apresentar ideias próprias	A – Porque o processo natural das plantas é a fotossíntese, que é o que elas fazem. Eles tiveram que adaptar, como o Daniel... como o Daniel disse, tiveram que adaptar uma coisa que é para poderem sobreviver durante a noite que é respirarem, então, à noite. P – Como é que sabem que ela teve que adotar a respiração durante a noite? A – Porque o processo natural das plantas é fazer fotossíntese. Transformar CO ₂ e, H... em O ₂ .
76/63	Fotossíntese e respiração	Negociar explicações	P – Então, depois de tudo aquilo que a gente disse, tentem lá... que argumentos é que vocês apresentaram aí? Diz lá, Carmo. A –Que os seres precisam de energia e é comesse processo [respiração] que a vão obter. P – Concordam com isto que a Carmo disse? Alunos – Sim.

Na dimensão ‘comunicação do conhecimento’ não identificámos excertos ou sequências relativas a práticas epistémicas de uso de linguagem representacional ou de analogias e metáforas, pelos alunos. Apenas a professora recorreu a estas formas de linguagem em algumas aulas.

A Tabela 38 apresenta exemplos de práticas epistêmicas relativas ao domínio de ‘avaliação do conhecimento’. É neste domínio das práticas sociais que se estabelece a ligação entre as práticas epistêmicas e a argumentação científica (Jiménez-Aleixandre, & Bustamante, 2008), com particular incidência no uso de dados para avaliar teorias/hipóteses.

Tabela 38

Exemplos de práticas epistêmicas no domínio da avaliação do conhecimento retirados das aulas de Telma

Aula / Episódio	Conteúdo temático	Prática epistêmica	Exemplo
77/25	Consumo de matéria inorgânica na fotossíntese	Complementar ideias	<p>P – Acham que isto fica... isso fica claro bem claro que transforma matéria inorgânica em matéria orgânica, a partir do dióxido de carbono e da água?</p> <p>A₁ – Falta o fator solo.</p> <p>A₂ – E sais minerais.</p> <p>A₁ – Sim, sais minerais.</p>
77/60	A respiração e a fotossíntese: processos antagónicos?	Contrapor ideias	<p>P – Portanto, para os animais é natural respirar e para as plantas não será natural respirar. Então, e porque é que tu achas que elas respiram à noite? Se não fosse natural e se não fosse importante, porque é...</p> <p>A₁ – Elas não têm cérebro para pensar, elas fazem aquilo...</p> <p>A₂ – Não, é natural. Foram elas que desenvolveram o processo.</p> <p>A₁ – É natural!</p>
76/24	Hipótese de Hales	Criticar outras declarações	<p>P – E faziam simultaneamente variar a luz, ou não?</p> <p>A₁ – Não. É isso que não colocámos.</p> <p>A₂ – Mas depois não sabíamos qual era o fator que estava a influenciar. Se era a luz, se era o ar.</p>
76/8	A experiência de Van Helmont	Usar dados para avaliar teorias/hipóteses/enunciados	<p>A – Van Helmont concluiu que o crescimento da planta deve-se à colaboração do solo, água e luz solar que lhe são fornecidas porque a planta, durante 5 anos, teve um grande aumento do seu peso, enquanto o solo diminuiu pouco o seu peso.</p>
76/39	Taxa fotossintética	Avaliar a consistência de dados	<p>A – Oh stora, eu acho que mais tarde... não sei se a fotossíntese (...) não sei se a planta iria recolher todo o CO₂ que a vela iria libertar, tão rapidamente fazer a fotossíntese pá’ vela absorver o O₂ e continuar em combustão.</p>

Após a identificação dos excertos relativos a práticas epistêmicas mobilizadas pelos alunos, construímos a Tabela 39, da qual constam dados de frequência absoluta. Salientamos que, em alguns episódios de aula, foi identificado o envolvimento dos alunos em mais do que uma prática epistêmica, existindo outros em que nenhuma foi

reconhecida, por serem episódios cujas ações discursivas não tiveram origem nos alunos. Na Tabela 39, por uma questão de disponibilidade de espaço, não estão contempladas as três práticas epistêmicas cuja frequência relativa é nula: construir dados, no domínio da produção do conhecimento e uso de linguagem representacional e de analogias e metáforas, no domínio da comunicação do conhecimento.

Tabela 39

Frequências absolutas de sequências /excertos das aulas de Telma, quanto ao tipo de práticas epistêmicas explicitadas no discurso dos alunos (A – práticas sociais de produção do conhecimento; B – práticas sociais de comunicação do conhecimento; C – práticas sociais de avaliação do conhecimento)

		A										B		C			
Práticas epistêmicas		Problematizar	Elaborar hipóteses	Planejar investigação	Utilizar conceitos para interpretar dados	Articular conhecimento conceptual e observacional	Lidar com situações anômalas ou problemáticas	Considerar diferentes fontes de dados	Verificar compreensão	Concluir	Apresentar ideias próprias	Negociar explicações	Complementar ideias	Contrapor ideias	Criticar outras declarações	Usar dados para avaliar teorias/hipóteses/enunciados	Avaliar a consistência de dados
GEOLOGIA	Aula 38	--	--	--	2	4	2	--	1	1	--	--	--	--	1	--	--
	Aula 42	1	--	--	1	2	1	--	--	5	--	--	--	--	--	--	--
BIOLOGIA	Aula 76	3	2	6	4	--	--	1	1	2	3	1	2	3	6	2	2
	Aula 77	6	1	--	--	--	--	2	6	--	3	2	4	3	5	3	1
Total		10	3	6	7	6	3	3	8	8	6	3	6	6	12	5	3

Da análise da tabela, podemos constatar que:

(1) As aulas da unidade de Biologia foram aquelas onde identificámos mais práticas epistêmicas e em que estas foram mais variadas;

(2) As práticas de produção do conhecimento foram as mais frequentes, seguindo-se-lhes as de avaliação do conhecimento e, por fim, as de comunicação do conhecimento;

(3) Nas aulas de Geologia, os alunos estiveram envolvidos apenas em práticas de produção do conhecimento, com exceção da instância única, identificada na aula 38, de crítica a outras declarações;

(4) As práticas epistêmicas ‘criticar outras declarações’, ‘problematizar’, ‘verificar a compreensão’ e ‘concluir’ foram, pela ordem referida, as mais frequentes no discurso dos alunos;

(5) As práticas epistêmicas de ‘elaboração de hipóteses’, ‘lidar com situações anômalas ou problemáticas’, ‘considerar diferentes fontes de dados’, ‘negociar explicações’ e ‘avaliar a consistência de dados’ foram as menos frequentes (se não considerarmos as três que não foram identificadas em qualquer sequência ou excerto).

Decorrente do exposto, parece-nos que podemos corroborar a afirmação de Telma de que os alunos não estiveram envolvidos em práticas de argumentação durante as aulas de Geologia, tendo esse exercício sido feito, fundamentalmente, pela professora. Se considerarmos ainda, essas mesmas práticas, em sentido estrito, como aquelas onde os alunos usam dados para avaliar teorias (Jiménez-Aleixandre, & Bustamante, 2008), podemos verificar que são poucas as evidências que permitem assegurar que os alunos se envolveram em processos de argumentação científica, ao longo das aulas das duas unidades didáticas. Contudo, julgamos que, num sentido mais alargado, todas as práticas epistêmicas do domínio da avaliação do conhecimento correspondem a processos que mobilizam a argumentação científica pelos alunos, o que resulta num apoio mais vincado à conclusão de Telma de que nas aulas de Biologia os alunos se envolveram naquele tipo de práticas.

Solicitámos a Telma, durante a última entrevista, que identificasse dois excertos em que considerasse que os alunos se tivessem envolvido em práticas de argumentação científica. Telma apontou como exemplos, os excertos relativos à discussão em torno das perguntas 4 e 9, da TA4. Apresentamos, seguidamente, o excerto correspondente aos episódios 37, 38 e 40 da aula 76, relativos à discussão da pergunta 4.

- 1 P (Professora) – Voltando à questão 4: “prevejam os resultados que obteriam se na experiência C, o rato fosse substituído por uma vela acesa, e fundamentem essa previsão”. Então, que resultado é que vocês previram para isto? Cátia.
- 2 Cátia (C) – A combustão ‘*iria-se*’ (sic) prolongar, utilizar o O₂ produzido pela planta e libertando CO₂ que mais tarde irá ser utilizado no processo de fotossíntese da planta.
- 3 P – Ok. Apanharam todo o sentido? Portanto, segundo o grupo da Cátia e do... do Bento, então, se em vez do rato fosse aqui colocada uma vela acesa, ela continuaria acesa.

Vocês... todos vocês colocaram essa... foi essa a previsão que fizeram ou... ou alguém previu uma coisa diferente? Ninguém previu uma coisa diferente?

4 Afonso (Af) – Eu... eu acho...

5 P – Ninguém achou que a vela se ia apagar?

6 Af – Oh stora, eu acho que mais tarde... não sei se a fotossíntese, no caso não ia ‘tar a pôr as coisas que eu já tinha alguns conhecimentos do ano passado... não sei se a planta iria recolher todo o CO₂ que a vela iria libertar tão rapidamente fazer a fotossíntese pá’ vela absorver o O₂ e continuar em combustão. [O aluno estava a repetir o 10.º ano]

7 P – Hum... No fundo, o que é que... ‘tão... ‘tão a perceber a previsão que o... que o Afonso ‘tá a fazer?

8 [Alguns alunos respondem sim e outros, não]

9 P – Básica... Não? Então, basicamente, Afonso, há... há esta previsão da Cátia e... e... e do Bento, e que, em princípio, até tem alguma lógica, não é, que é a vela permaneceria acesa... porquê? Como é que vocês fundamentaram isto? Dizendo que como a planta ia...

10 A (aluna) – Libertar.

11 P – ...libertando O₂, então a vela iria sempre ter...

12 A (aluna) – O₂.

13 P – ...oxigénio disponível para continuar...

14 B – A combustão.

15 P – ... a sua combustão. E, em contrapartida, durante a combustão da vela ir-se-ia libertando o quê?

16 B – CO₂.

17 P – CO₂ que, por sua vez, ficaria disponível para quem?

18 A (alunos) – Para a planta.

19 P – P’rá planta, não é? Portanto, ela iria...

20 A (aluno) – É como aquilo mas em vez de ser ser “ar” era... [referindo-se ao esquema do quadro].

21 P – Exatamente, era como ali, no rato. Agora, aquilo que o Afonso disse é... tens dúvidas de quê? Às tantas prevês que mais cedo ou mais tarde...

22 Af – A vela se acabe por apagar.

23 P – A vela se irá apagar. E porque é que dizes isso? Acham que é lógico ou não, também pensar isso?

24 A (aluna) – Não sei [tom de voz muito baixo]

25 P – Sim ou não?

26 A (aluno) – Não!

27 P – Não acham que seja lógico? Defende-te lá, oh... oh Afonso. Porque é que tu achas que isso iria acontecer, então?

28 Af – Oh stora, como aqui na 3 diz “combustão viva” como na vela, é mais rápida a combustão de O₂ do que a planta a fazer fotossíntese, com a libertação de...

29 P – Ou seja, para ti, a combustão viva que é o que acontece na vela é um processo que consome oxigénio quê?

30 Af – Mais rapidamente.

31 P – Mais rapidamente do que numa combustão lenta e, portanto, aqui temos vela e planta, não é? A vela a consumir...

32 Af – Muito O₂. (A76_Te)

A professora justificou a escolha deste excerto afirmando, “Porque acho que permitiu... permitiu haver ali uma... duas... duas posições relativamente à... à mesma situação, não é, em termos de previsões e, portanto... enfim, eu acho que... que... até... até deu uma... uma discussão engraçada, não é?” (EP2_Te_77). Uma fundamentação semelhante serviu, também para a seleção do outro excerto referente à discussão da pergunta 9, num contexto que envolvia um *concept cartoon*, construído propositadamente para a TA4. Ao

analisarmos o excerto anterior, percebemos que duas posições emergiram durante a discussão da pergunta 4. A mais lógica, segundo comentário da professora e da maioria dos alunos, defendendo a previsão de que a vela continuaria acesa, apesar do consumo de oxigénio, pois este gás iria sendo repostado pela planta, devido ao processo de fotossíntese e outra, menos expectável, defendida por Afonso, no turno de fala 6, em que o aluno colocou a possibilidade de a vela se apagar devido a uma taxa superior de consumo de oxigénio, pela vela, relativamente à taxa de produção do mesmo gás, pela planta. O aluno construiu um argumento ao recorrer a uma justificação, cujo fundamento se baseia no conceito de combustão viva, que era uma das informações que estava na introdução do item. Neste excerto podemos detetar a existência de um padrão interativo de cadeia aberta do tipo I-R-F-R-F... e uma abordagem interativa e dialógica, facilitadora do processo de argumentação científica. Ainda assim, as falas da professora são mais extensas que as dos alunos e apercebermo-nos da necessidade que Telma sentiu em ir orientando o discurso dos alunos, parafraseando as suas afirmações. Esta mesma conclusão foi referida pelos alunos, durante a entrevista em grupo.

De acordo com Juca a argumentação consistia “...na recolha de evidências, depois estudar o assunto e concluir. E não havia aquela argumentação ‘então e se...’, ou ‘ainda se...’, não havia” (EA_151). Para este aluno, a discussão era muito dirigida para um conhecimento já construído e transmitido na forma de produto final. Contudo, no questionário, somente dois alunos mencionaram que raramente, ou nunca, havia argumentação nas aulas de Biologia e Geologia, ainda que 50% (correspondendo a 10 alunos, do total de 20 que responderam ao questionário) tenham indicado que não costumavam argumentar nas aulas ou não se recordavam de alguma situação em que tal tivesse ocorrido. Dos nove alunos que descreveram uma situação de argumentação em aula por si protagonizada, a maioria (seis alunos) selecionou situações envolvendo a temática da fotossíntese, tendo mesmo dois alunos escolhido as sequências que a professora elegeu, relativas à discussão das perguntas 4 e 9 da TA4. Ainda a propósito da questão 9 da TA4, os alunos referiram, na entrevista, que essa pergunta tinha mesmo a finalidade de os envolver na argumentação científica:

467 J (Juca) – Argumentámos, sim!

468 I (Investigador) – E por que é que acham que argumentaram aí?

469 C (Carla) – Porque, se calhar, seria uma questão em que se levantava...

470 J – Argumentos.

471 C - ...muitos porquês. E, se calhar, havia várias formas de...

472 J – Eu até acho que essa questão era mesmo... mesmo para levantar argumentações aos alunos! Era uma questão...

473 R (Rui) – Para provocar o aluno. (EA_Te)

A discussão de assuntos científicos controversos, a explicação de conceitos científicos e os trabalhos laboratoriais foram as atividades mais adequadas para a mobilização de competências argumentativas em aula, na perspectiva dos alunos. A primeira delas porque “permite a discussão de ideias, para as quais necessitam de argumentação e fundamentação” (QA1_Te) ou, ainda, “Para expressarmos a nossa opinião sobre assuntos científicos polêmicos, temos de apresentar argumentos a favor dessa opinião” (QA11_Te). Para a segunda foi referido que as explicações científicas exigem “...uma boa argumentação para que as pessoas percebam bem” (QA5_Te) e para a última (trabalhos laboratoriais) porque “...são as atividades onde expomos melhor as nossas ideias e hipóteses” (QA15_Te) ou porque “...nas atividades laboratoriais existe uma grande comunicação entre todos” (QA19_Te). Contudo, os alunos passaram, também, a ideia que estas atividades raramente, ou nunca, foram realizadas nas aulas, particularmente, a discussão de assuntos científicos controversos (de cariz sociocientífico) ou a realização de trabalhos laboratoriais.

Durante a entrevista, Carla ratificou a opção da professora de não realizar atividades práticas (nomeadamente de laboratório), justificando-se com a extensão do programa da disciplina (argumento várias vezes referido pelos professores do grupo focal). Contudo, Rui e Juca preferiram sublinhar que a argumentação em aula seria mais facilitada se a professora propusesse outro tipo de atividades que os envolvesse em processos de investigação. Enquanto Rui referiu “*O complemento da atividade prática é necessário para complementar a matéria, para percebermos melhor o que é que... o que é que acontece realmente*” (EA_AI_68), Juca preferiu mencionar que

...nós temos que expor as evidências da matéria que nós damos. Mas nós não vamos buscar as coisas ao mundo real... por exemplo, a planta, a fotossíntese; nós não vamos buscar uma planta, ‘então, agora o que é que acham que acontece?’, e tiramos as nossas evidências. Não! Nós, no fundo, vamos buscar atividades que foram feitas, por exemplo, por biólogos anteriores que já fizeram e aí vemos as evidências que eles tiraram e concluímos... (EA_113).

Desta forma, parece que para Juca e Rui a ausência de atividades práticas com uma vertente investigativa condicionou o envolvimento dos alunos na argumentação científica. Tal como referimos em capítulo anterior, vários investigadores advogam que este tipo de

atividades propicia o desenvolvimento de competências várias, entre elas, as relacionadas com a argumentação, favorecendo o exercício das várias práticas epistémicas já referidas.

4.2.1.4 – Perspetivas veiculadas de ciência e argumentação

Na última entrevista que nos concedeu, Telma proferiu uma afirmação que consideramos significativa, tendo em conta as características já discutidas das práticas de sala de aula observadas, que é, simultaneamente, indiciadora das suas conceções acerca da natureza do empreendimento científico e do papel da argumentação na construção do conhecimento em ciência:

Eu não... eu não sei se... se tinha até algum conceito de argumentação! Percebes? Eu, no fundo, quase que critico os miúdos, mas... muitas vezes, pá, aceito... aceito os conhecimentos que tenho como... não digo como verdades absolutas, porque uma pessoa tem a noção de que... de que não é, as coisas não são assim, não é? Mas... não... não sei se eu própria atribuí a argumentação um papel muito importante. (...) Mesmo, se calhar, na construção da ciência. A não ser em alguns assuntos, percebes? (EP_Te_750/752).

Para Telma, a argumentação científica pode ser vista como uma ferramenta pedagógica (Sadler, 2006) que pode propiciar o desenvolvimento de capacidades de pensamento, descurando, de certa forma, o seu papel fundamental enquanto uma das práticas epistémicas mais comumente usadas em ciência, na avaliação e validação do conhecimento. A professora revelou, inclusivamente, que não teve a intenção declarada de salientar esta característica da natureza da ciência, quando questionada acerca das ideias que os alunos poderiam ter construído sobre o papel da argumentação na construção do conhecimento científico:

Não... não sei se perceberam [a relação entre argumentação e ciência] (risos). Não sei se perceberam. Não... não evidenciei, de maneira nenhuma, esse objetivo, não é? Portanto, nós limitámo... fizemos realmente discussão, eles expuseram ideias, tiveram que fundamentar algumas dessas ideias, mas eu acho que eles... eles... tiveram ideia que isso era só uma metodologia para... estudarmos a fotossíntese. Não era um fim em si. (EP2_Te_615)

Contudo, a professora aproveitou uma outra pergunta sobre a relação entre a discussão em sala de aula e a construção de imagens de ciência pelos alunos, para afirmar que apesar de não ter explicitamente mencionado o papel da argumentação em ciência, nem ensinado, de forma concreta e clara, como construir argumentos, os alunos se devem ter apercebido de que “...se as coisas não forem discutidas, se... se as pessoas não

apresentarem os... os seus pontos de vista, baseado em... as... as... o... o conhecimento não se constrói!” (EP2_Te_620).

Ao procurar esclarecer que ligações estabeleciam os alunos entre ciência e argumentação, questionámo-los, apresentando a seguinte pergunta no questionário: “Consideras que a argumentação faz parte da atividade dos cientistas? Porquê?” (Apêndice XIII). Com alguma surpresa para Telma, todos os 20 alunos responderam de forma afirmativa à primeira pergunta. As justificações apresentadas pelos alunos foram diversas, sendo os motivos mais indicados os seguintes: (1) a argumentação permite que os cientistas exponham as suas ideias, que são, por vezes, distintas (QA1_Te; QA4_Te; QA5_Te; QA10_Te); (2) para as teorias serem aceites, os cientistas têm obrigatoriamente de apresentar razões que comprovem as teorias (QA11_Te; QA13_Te; QA14_Te); (3) os cientistas, normalmente, trabalham em grupo e, como tal, têm de discutir sobre cada trabalho que fazem, apresentando hipóteses e argumentos que as defendam e chegando a uma conclusão em conjunto (QA15_Te; QA19_Te). Refletindo sobre as respostas dadas por estes e outros alunos, parece-nos que há evidências que apontam no sentido dos mesmos terem algumas ideias sobre o papel da argumentação em ciência, tendo ainda reproduzido a mensagem da professora sobre a importância dos dados, quando se pretende justificar um determinado enunciado ou conclusão, como se depreende das palavras de Juca durante a entrevista:

É encontrar os argumentos porque, se nos dissessem que... que as plantas precisam de luz para sobreviver e fazer fotossíntese... se nos dissessem só assim a frase, nós íamos colocar muitas questões e não íamos acreditar na ciência. Portanto, a argumentação é fundamental! É os dados. (EA_394/396).

Independentemente da conexão que estabeleceram entre argumentação e construção da ciência, os alunos revelaram estar pouco inclinados para questionar o conhecimento substantivo que foi sendo transmitido pela professora ou veiculado pelos manuais escolares. Dezoito alunos assinalaram, no questionário, que aceitam as explicações científicas da professora sem as questionar, o que parece contrariar, em parte, a posição defendida por Juca, na afirmação anterior. Tal é, também, sustentado se considerarmos o padrão interativo dominante, do tipo I-R-A, patente na maioria das sequências analisadas (particularmente nas aulas da unidade de Geologia) que confere à voz da professora o poder de uma autoridade tradicional (Peters, 1966, citado em Driver, Newton, & Osborne, 2000), favorecendo uma imagem do conhecimento substantivo como isomórfico de uma suposta realidade objetiva e (quase) indiscutível, existindo pouco espaço para a dúvida,

controvérsia e pluralidade de explicações plausíveis de um fenómeno. Citando Cachapuz, Praia e Jorge (2004), “No essencial, o que prevalece é (continua a ser) o realismo ingénuo, em que o conhecimento é (supostamente) a representação estrita de um mundo ontológico externo” (p. 372). Num contexto de ensino, em que a educação em ciência se consubstancia numa retórica de conclusões, a própria professora, reconheceu a influência que aquele tipo de dinâmica interativa desempenha sobre as conceções dos alunos acerca da natureza do conhecimento científico, ao ter referido: *“É como se fossem verdades absolutas. Ou seja, exatamente, tipo, é assim e não admite... não se admite que haja outra forma de explicar a mesma coisa!”* (EP1B_778). Esta conclusão é avançada, também, por Schwarz (2009), ao afirmar que um dos obstáculos à aculturação de práticas de argumentação científica está relacionado com o tipo movimentos discursivos gerados na maioria das salas de aula de ciências que se centram fundamentalmente no padrão triádico fechado. Para aquele autor “apreender a ciência como não sendo um conhecimento absoluto e certo induz um discurso mais deliberativo e dialógico, em sala de aula” (p. 114). Outros investigadores, na mesma linha de pensamento, defendem que o ensino da argumentação deve ser desenvolvido na plena consciência da dimensão social da ciência (Kolstø, & Rattcliffe, 2008). Nesta perspetiva, deve valorizar-se a argumentação como uma prática social da ciência, essencial ao estabelecimento do consenso na comunidade de investigadores, o que implica o escrutínio aos processos de investigação, onde se inclui o julgamento da validade das conclusões ou enunciados. Sem a compreensão da natureza epistémica, conceptual e prática da ciência (McDonald, & Kelly, 2012), os alunos não irão desenvolver uma imagem da complexidade da natureza da ciência, na qual a discussão e a argumentação ocupam uma centralidade que raramente lhes é outorgada nas salas de aula.

Para descortinar as imagens de ciência que foram, de forma implícita ou explícita, transmitidas por Telma, efetuámos uma leitura e análise das transcrições das 11 aulas observadas e dos respetivos registos de observação. Deste processo, concluímos que o discurso de Telma e as dinâmicas interativas das aulas são reveladoras de uma conceção de ciência de cariz positivista, ainda que, em situações específicas, tenham sido salientadas características que se enquadram num posicionamento de tendência pós-positivista. Em seguida, discutimos, ainda que brevemente, os aspetos identificados como indicadores das conceções de ciência patentes nas aulas observadas. Esses aspetos serão

abordados segundo duas categorias consideradas na análise dos resultados do grupo focal: (A) natureza do conhecimento científico e (B) produção do conhecimento científico.

A – Natureza do conhecimento científico

Na opinião da professora, em ciência não há verdades absolutas, tal como foi defendido no grupo focal, pelo que referiu que gostaria que os alunos rejeitassem a visão dogmática que, habitualmente, têm do conhecimento científico. Ao procurar traduzir esta ideia, a professora afirmou *“Portanto... neste... neste... neste sentido, se eu... se eu conseguir que eles cresçam a este nível que não... que não aceitem as coisas como... como se os manuais ou... fosse o que fosse, sejam bíblias... enfim... gostava!”* (EP1A_Te_349). Contudo, Telma mostrou-se convicta que as suas práticas nem sempre promoveram a imagem antidogmática da ciência, ainda que, por vezes, tenha feito referência explícita à mutabilidade do conhecimento científico.

Alguns indícios das concepções dos alunos relativamente à imagem da ciência foram emergindo nas aulas. A título exemplificativo, descrevemos duas situações relativas à aula 77, durante a qual se construiu o conceito de fotossíntese. Em determinado momento dessa aula, durante a discussão sobre a equação química da fotossíntese, registada no quadro, um aluno confrontou-se com a ausência da fórmula química da água, nos produtos de reação, ainda que ela estivesse inscrita, enquanto tal, na equação que constava no manual escolar, pelo que dirigiu a seguinte pergunta a Telma:

1 A (aluno) – Então, e a água? Não é libertada?

2 P (Professora) – Tiveste alguma evidência de que se libertava água? ‘Tou-te a perguntar! O que se pedia [na pergunta da ficha de trabalho] era para vocês, com base na descrição que tinham tido anteriormente, daquilo que tinham analisado, construírem o conceito e construírem a equação.

3 A – Ok, então, mas com base no livro... (A77_Te)

Uma outra situação sintomática das concepções dogmáticas dos alunos refere-se a uma afirmação de Manuel, após a professora dar por finalizada, depois de uma hora de diálogos na turma, a definição do conceito de fotossíntese:

1 M (Manuel) – Vou dizer como é que a stora devia ter feito. Chegava aqui, escrevia a definição no quadro...

2 P (Professora) – Pois, pois, pois.

3 M – E durava cinco minutos!

Em ambas as situações, os alunos consideraram que o conhecimento está construído, finalizado e pronto a consumir, que há uma verdade explicativa do processo fotossintético. No último caso, Miguel chegou, inclusivamente, a menosprezar a abertura ao diálogo que foi fomentada pela professora, pois tudo seria mais fácil e escorreito se Telma tivesse comunicado, sem rodeios, a definição que os alunos têm que conhecer e memorizar para, numa fase de avaliação sumativa, poderem reproduzir. Embora mais destacada nesta última situação, consideramos que nos exemplos transcritos, os alunos revelaram uma ideia de conhecimento científico enquanto retórica de conclusões, não havendo lugar para dúvidas ou hesitações. Julgamos que as práticas de Telma não foram, efetivamente, fomentadoras da controvérsia científica e somente em algumas situações pontuais, na unidade de Biologia, se discutiram posições alternativas dos alunos na explicação de determinados fenómenos. Uma possível justificação para isso, pode ser, segundo Telma, a contradição que existe entre aquilo que se acha que deve ser a ciência, enquanto estrutura antidogmática de conhecimento, e o que acaba por emergir no discurso, fruto de conceções muito enraizadas e que dificilmente se alteram:

Olha, porque... eu... eu acho que... é assim: eu... eu... em termos de... de... destes conteúdos, se calhar de todos, é aquela coisa de nós... nós dizemos isso mas depois já temos os nossos dogmas, não é? E, portanto, alguém vir-me... vir-me dizer que um ser vivo não é constituído por células? Pá! E portanto é uma coisa que eu transmito aos alunos, não é? É... pronto, ok, então os seres vivos são constituídos por células, não é, pronto. Portanto, há uma série de coisas que se assumem logo como verdades absolutas e quase dogmas de... de igreja, não é? No fundo nós quando estamos muito... o 'carneirismo' de algumas... de algumas ou de todas as religiões e depois muitas vezes nas aulas nós tratamos a ciência exatamente da mesma maneira. (EP1B_Te_774).

Ao assumir esta posição, a professora considerou que se torna mais difícil fazer emergir situações que espoletem a argumentação. Aliás, Telma presumiu que uma das possíveis explicações para a diminuta participação oral dos alunos, durante as atividades de discussão e argumentação, se possa ter devido à imagem dogmática de ciência que eles poderão ter apropriado.

Outra característica que inferimos do discurso de Telma, ao longo das aulas (particularmente, nas da unidade de Biologia), foi que o carácter mutável ou provisório que atribuiu ao conhecimento científico corresponde a uma perspetiva próxima de neopositivismo popperiano, conceção herdada do positivismo clássico, na qual se destaca o progresso da ciência essencialmente por acumulação de factos, como se depreende da seguinte intervenção oral, ao introduzir a TA4 – “A descoberta da fotossíntese”, na aula 75:

Toda a gente já ouviu falar da fotossíntese até noutros contextos, e... e este processo que é um... um... um processo bioquímico, é um processo extremamente complexo e do qual se foi sabendo... cada vez mais coisas ao longo de um período de tempo bastante longo. Portanto, como veem aí na introdução desta ficha, portanto, foram os estudos de muitos e muitos investigadores ao longo de vários séculos que permitiram que atualmente se tenha um... um conhecimento deste processo, já bastante avançado, digamos assim. No entanto, ainda não se saberá, efetivamente, tudo sobre... sobre a fotossíntese, não é? Hum... isso significa, então, que ao longo desta ficha vocês vão sendo confrontados com os trabalhos de investigação realizados por vários investigadores, por vários cientistas, numa perspetiva cronológica, não é... começando, portanto, no século XVI, XVI/XVII, digamos assim... e... e, portanto, é fundamentalmente a interpretação dos trabalhos realizados por esses cientistas que vocês vão fazer, o que vos permitirá, espero eu, irem construindo também já... alguns... alguns conhecimentos que transformarão em conceitos, relativos à fotossíntese. (A75_Te)

Deste excerto, destacamos expressões como “se foi sabendo... cada vez mais coisas ao longo de um período de tempo bastante longo”, “foram os estudos de muitos e muitos investigadores ao longo de vários séculos”, como responsáveis por uma imagem de ciência dinâmica e em constante transformação, que progride pelo acumular de factos que vão permitindo aos cientistas aproximarem-se, cada vez mais, da verdade. Numa outra sequência da aula 76, Telma expressou a sua conceção sobre a construção do conhecimento, de forma bastante explícita:

...pronto, já ficaram com uma perspetiva que já tinham, acho eu, de que como é que se faz a... a construção do conhecimento, não é... que é a pouco e pouco com avanços e recuos e com... a contribuição, às vezes, não contemporânea, não é... não... não simultânea, digamos assim, mas com o contributo de... de todos que, os que vão de alguma forma investigando, este ou outro assunto, em ciência (A76_Te).

Mais uma vez, enquadrámos estas palavras numa epistemologia continuista e cumulativista de ciência (Pombo, s.d.). Como menciona esta autora, “O progresso será, então, uma lenta e contínua aquisição de novas verdades em que umas proposições engendram outras procurando mostrar de que modo, uma proposição mais recente tem as suas raízes em teorias mais antigas e, por sua vez, abre para o futuro, um leque de possibilidades”. Mesmo quando Telma se referiu a ‘avanços e recuos’, não pretendeu aludir a cortes epistemológicos profundos, com o surgimento de outros paradigmas e de uma revolução científica, conforme com a conceção kuhniana, mas somente dar a imagem que, por vezes, podem surgir retrocessos que cimentam a imagem de mutabilidade do conhecimento mas dentro de um mesmo programa de investigação (Lakatos, 1978).

A abordagem que a professora utilizou para lecionar as duas unidades didáticas centrou-se, fundamentalmente, no contexto científico. Desta forma, na maioria das aulas não identificámos o estabelecimento de relações C-T-S. Contudo, em alguns (poucos) casos detetámos excertos que enquadrámos nessa dimensão.

Na unidade de Geologia, a professora recorreu, pontualmente, a algumas imagens ilustrativas de sismos de intensidade elevada, com consequências catastróficas em termos humanos e físicos, para procurar motivar os alunos para o estudo da sismologia, como se constata a partir das seguintes intervenções na aula 37:

P (Professora) - Portanto, todos os dias ocorrem... não é, por todo o mundo, milhares e milhares de sismos e que não são notícia. Nós temos notícia daqueles que, realmente, vão causar muitas vítimas, muitos estragos, etc. E, realmente, toda a gente tem a noção [*é projetado um slide com imagens que revelam a destruição em edifícios causadas por ocorrência de diversos sismos*] [A37]

[...]

P - Olhem, meninos, então, rapidamente, vamos só olhar para estas figuras. Toda a gente já viu... imagens destas na televisão; felizmente, nunca nenhum de vocês esteve... passou por uma situação destas, pois não? (A37_Te)

Numa outra aula – 41 – um aluno fez uma alusão ao sismo do sudeste asiático, que ocorreu no dia 26 de dezembro de 2004:

1 P – Na crosta continental. Muito bem. É isso mesmo. No caso do sismo se originar na crosta...

2 A (Aluno) – Oceânica.

3 P - ... oceânica... se foi... portanto, o seu epicentro se localizar no mar, então, toma o nome de maremoto.

4A – Foi em 2004, não foi?

5 P – Foi em 2004. Depois, havemos de falar disso. Ok.

[...] (A41_Te)

Conforme percebemos da leitura dos episódios onde se incluem os excertos apresentados, não houve qualquer intenção expressa da professora em explorar as imagens de forma a problematizar os conteúdos a abordar (aula 37), nem de aprofundar o exemplo dado por um aluno para valorizar a dimensão contextualizada da ciência (aula 41). Uma abordagem contextualizada dos assuntos científicos permitiria alargar o interesse dos alunos e constituir-se como um interessante contexto de partida e como cerne das aprendizagens (Cachapuz, Praia, & Jorge, 2004; Pro, 2012). Contudo, as possíveis relações que se poderiam estabelecer entre ciência e sociedade não foram centrais no processo de ensino de Telma, o que pode ter contribuído para aprofundar perspetivas positivistas ligadas a um carácter autónomo do empreendimento científico relativamente ao contexto social em que ele se desenvolve. Na unidade de Biologia, não identificámos, sequer, qualquer instância que apontasse para as relações ciência-sociedade.

As relações entre ciência e tecnologia foram focadas, ainda que de forma superficial e pontual, a propósito dos sismógrafos. A professora fez uma breve descrição de alguns tipos de sismógrafos, recorrendo a imagens de um slide de *powerpoint*, tendo

salientado a sua função: a representação gráfica dos abalos sísmicos, registados em sismogramas, obtidos a partir de sismógrafos localizados em estações cuja localização geográfica é conhecida. Foi, ainda, detetado um pequeno episódio na aula 41, onde um aluno procurou perceber um pouco mais acerca do funcionamento de um sismoscópio, por estar incluída, no manual, uma fotografia de um exemplar chinês (Século I), numa seção denominada 'Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente'. A análise do funcionamento do sismoscópio foi circunstancial e de pouca relevância na globalidade da aula. Consideramos que a abordagem das relações entre ciência e tecnologia não foi aprofundada nem explícita. A referência aos sismógrafos surgiu numa ocasião muito específica – com o objetivo de estudar, com algum pormenor, os sismogramas. Também na unidade de Biologia não detetámos qualquer instância que relacionasse a ciência com a tecnologia. A própria professora confirmou estes resultados. Porém, na opinião de Telma, as relações ciência-tecnologia foram mais exploradas do que as relações ciência-sociedade: *“Eh pá, não pode ser só ciência e tecnologia?... Eh pá, [explorei] muito... ou muito pouco ou nada”* (EP1B_796).

B – Produção do conhecimento científico

A análise e discussão de trabalhos experimentais foi uma das atividades a que Telma recorreu para tentar envolver os alunos na argumentação científica. Relembramos, que os alunos realizaram uma única atividade prática, de natureza laboratorial, durante as aulas da unidade de sismologia, pelo que os trabalhos experimentais discutidos tiveram, fundamentalmente, como suporte textos e imagens apresentados nas fichas de trabalho ou em slides de *powerpoint* (TA1, TA4, TA5 e TA6).

Os trabalhos experimentais foram utilizados, essencialmente, com a função de testar ideias científicas e para obtenção de dados que sustentassem essas mesmas ideias, como revelou Telma:

...argumentar, tem que passar sempre, ou fazer uma boa argumentação tem que passar sempre por... apresentar evidências... relativamente a uma determinada ideia e portanto foi esse... esse foi o meu objetivo: que ao longo das várias atividades, eles tivessem que... que selecionar, digamos assim... evidências para fundamentar as suas... as suas posições. (EP1A_Te_88).

Através da análise do conteúdo das perguntas das fichas de trabalho e dos episódios das aulas, consideramos que há indícios de uma conceção de cariz empirista/positivista, quanto à produção do conhecimento científico. Como características das conceções

empírio-positivistas, patentes nas aulas de Telma, referimos: (1) papel verificacionista da experiência e papel menor atribuído à hipótese; (2) o resultado de experiências como único critério válido para a confirmação positiva de hipóteses e (3) a valorização do cumprimento das etapas do método científico. Expomos, em seguida, sequências de aula exemplificativas dos indícios das características referidas.

O seguinte excerto foi retirado da transcrição da aula 76:

Portanto, houve, então, uma série de... de investigadores que se debruçaram sobre este problema, porque uma coisa é defen... enfim, ter... ter uma ideia, não é? Defender mais uma hipótese do que outra. Outra coisa é ter certezas! (...) Portanto, pensar em... em... ati... portanto, num... num... numa investigação experimental que, de alguma forma, provasse qual das hipóteses é que estaria correta, não é? (A76_Te)

Nesta fala, a professora, por um lado, omitiu a função orientadora da teoria na construção das hipóteses e, simultaneamente, reforçou a ideia de que através da experimentação se pode verificar a plausibilidade das mesmas hipóteses, ao afirmar: “provasse qual das hipóteses é que estaria correta”. A elaboração de hipóteses assumiu um papel discreto, não lhe tendo sido concedida uma função determinante nas discussões em torno dos trabalhos experimentais, e inseriu-se num processo de verificação (Praia, Cachapuz, & Gil-Pérez, 2002). Foram raras as circunstâncias que ditaram uma maior abertura na construção de hipóteses genuínas por parte dos alunos, tendo sido identificada uma que se gerou em torno da pergunta 4, da TA4, já transcrita anteriormente a propósito da discussão das práticas epistémicas em que os alunos estiveram envolvidos.

O próximo excerto corresponde a uma intervenção de Telma, durante a aula 38, a propósito da discussão da componente 2 da TA1:

Portanto, aí nessa primeira parte, nós podemos estudar a forma como as rochas, que é disso que estamos a falar agora, não é, da geosfera... das rochas são deformadas fazendo... realizando experiências com essas rochas em laboratório, não é?! Portanto, podemos cortar, por exemplo, cilindros... geralmente é a forma usada... cilindros da rocha A, da rocha B, da rocha C, sujeitar esses cilindros a determinadas condições ambientais e a determinadas tensões e verificar como é que... E verificar como é que esses cilindros se vão comportando nessas condições e sob essas tensões, não é? Isto pode ser feito. Há muitas experiências laboratoriais neste sentido (A38_Te).

A professora, neste caso, recorreu somente à verificação experimental para generalizar acerca dos efeitos das tensões sobre os materiais rochosos que originam deformações elásticas ou plásticas. Damos especial relevo à última afirmação “Há muitas experiências laboratoriais neste sentido”. Há apelo a um raciocínio indutivo, em que se generaliza a partir de alguns ensaios experimentais (ainda que a professora tenha tentado ultrapassar

as dificuldades de generalização ao referir ‘muitas experiências’), não tendo em consideração a natureza do material rochoso usado nos mesmos.

Para evidenciar a perspetiva focada em (3), regressamos à aula 76, com a exploração das atividades experimentais sobre fotossíntese. Antes de iniciar a discussão das perguntas da TA4, ocorreram as seguintes intervenções:

- 1 P (Professora) - Nós já falamos da... de... de investigação científica, já concretizámos aqui nas aulas, em algumas situações, também, digamos, vários passos dessa investigação científica, e vocês têm em ideia já, penso eu, mais ou menos claro, do que é que é isto de concluir, não é? Para já, lembram-se que... que nós dissemos que basicamente... uma conclusão de uma investigação... basicamente deverá corresponder a quê?
- 2 A (aluna) – À resposta ao problema.
- 3 P – À resposta ao problema inicial. Toda a gente concorda com... com isso, não é? Então, quando... quando temos que tirar... uma conclusão de uma investigação realizada por nós ou por qualquer outra pessoa, em princípio, o que é que nós devemos identificar primeiro? [*Silêncio*] Quando nós queremos tirar uma conclusão... essa con... para tirarmos essa conclusão é melhor começarmos por identificar o quê?
[*Alguns alunos respondem, muito baixinho*]
- 4 P – O problema? Toda a gente concorda? Não é? Primeiro, o que temos de fazer é, ok, este senhor ou este conjunto de senhores realizou esta experiência, no decurso de uma investigação, concluiu qualquer coisa a partir dessa experiência, mas então o que nós temos que ver primeiro é...
- 5 A (aluna) - ... o problema (*muito baixinho, quase impercetível*)
- 6 P - ... qual era a questão, não é, qual era o problema que ele pretendia realizar... pretendia... resolver, digamos assim, não é? Ou seja, tem que se perceber qual é o objetivo da investigação. (A76_Te)

Como nos recordamos, no grupo focal, a metodologia científica foi alvo de ampla discussão, tendo os professores reconhecido que há pluralidade nos percursos de investigação, ainda que os cientistas tenham que cumprir um conjunto de etapas, mais ou menos, rígido ou passível de adaptação em função das áreas de pesquisa. Os professores consideraram a existência de um método científico, conscientes, contudo, de que há aspetos técnicos e de procedimento que são específicos, de acordo com as áreas científicas. Este conceito de ‘método científico’ esteve presente nas palavras da professora. Telma alertou os alunos de que já tinham falado “... de investigação científica, já concretizámos aqui nas aulas, em algumas situações, também, digamos, vários passos dessa investigação científica”, prosseguindo com a exploração mais concreta de algumas delas como a elaboração do problema ou questão e a conclusão, etapas que estavam em causa na pergunta 1 da TA4, cerne da atividade da aula, do excerto transcrito. Apercebemo-nos, todavia, que Telma não revelou ter consciência deste seu posicionamento epistemológico, em termos metodológicos. Durante a entrevista final,

discutimos as respostas dos alunos em relação à afirmação B, do item 13 do questionário (Apêndice XIII). Dezasseis alunos, correspondente a 80% dos questionários preenchidos, manifestaram concordar parcial ou totalmente com a afirmação “Os cientistas seguem os passos do método científico que os conduz sempre a respostas para os problemas que formularam”. Perante estes resultados, Telma mostrou-se, inicialmente, surpreendida mas, logo em seguida, afirmou:

Quer dizer, surpreende e não surpreende! Não surpreende porque é a tal coisa, não é? Portanto, eles acham que isto, no fundo, já 'tá tudo... definido. Os cientistas só devem percorrer aquele caminho, porque faz parte das normas, não é? Eles já sabem o que é que... não, não me surpreende mas desgosta-me um bocadinho. (*risos*) Não, eles (...) 80% defende... Exatamente e que... e sem dúvidas nenhuma! Aquilo para a frente é que é o caminho e não se põe... não é? E... de preferência vai comprovar a hipótese que é só para descarga de consciência porque aquilo no fundo já se tem a certeza que é a verdade absoluta, é... pois. Esta, pronto. Mas não me surpreende, também. (EP2_Te_518/522)

Uma das últimas expressões usadas por Telma, “E... de preferência vai comprovar a hipótese que é só para descarga de consciência porque aquilo no fundo já se tem a certeza que é a verdade absoluta” vem apoiar o que defendemos anteriormente em termos do papel apagado que as suas práticas letivas atribuíram às hipóteses na construção do conhecimento científico e que parece ter repercussões nas concepções dos alunos sobre ciência.

Em síntese, as concepções, maioritariamente, de tendência positivista desenvolvidas pela professora revelam alguma coerência com as dificuldades sentidas na ação em prol de um tipo de discurso e de práticas letivas promotoras da argumentação científica em sala de aula, permitindo justificá-las.

4.2.1.5 – *Desenvolvimento pessoal e profissional*

De acordo com Telma, a participação neste estudo contribuiu para promover o seu desenvolvimento pessoal e profissional. A professora admitiu que, por norma, era pouco reflexiva e que a análise das práticas letivas que implementou, induzida pelas questões que lhe foram endereçadas durante as entrevistas, foi relevante para se questionar e trazer uma dimensão de reflexividade, elemento fundamental para uma mudança consciente (Zeichner, 1993). A professora avaliou o processo, dizendo que:

Não fazia a mínima ideia, inicialmente, aliás já deixei isso um bocadinho expresso quando... quando fiz o... a reflexão do ‘*focus group*’, e... e foi... foi... foi uma descoberta... foi um processo de descoberta muito... muito interessante. Não foi exaustivo, não é... nem... nem te digo que entre... até agora, nesta fase final, entre um... um momento que teve a ver com a primeira

unidade, e... e o outro momento que teve a ver com a fotossíntese (*risos*), entre eles, sinceramente, voltei praticamente à estaca zero... oh pá, se calhar, voltei, não sei... mas... mas de qualquer das maneiras... pá... incomodou-me! E... e... e fez-me pôr mais questões, que já estavam cá, percebes? Portanto, uma pessoa sente, não é? Que... que não... que não... não está a desenvolver o seu trabalho, exatamente, como... como acha que ele deveria ser. Mas, depois tem muitas limitações, e... e, às vezes, até... pronto, esquece-se um bocado (EP2_Te_720).

A citação anterior é sintomática das dificuldades e insegurança com que Telma se defrontou durante a sua participação nesta investigação. Por um lado, considerou ter uma compreensão mais clara sobre o papel da argumentação em ciência e na educação em ciência mas, por outro, manifestou ter dificuldades em termos do saber-fazer, cimentando discrepâncias entre as intenções e as práticas. Da análise do discurso de Telma, a propósito dos possíveis contributos que a reflexão sobre práticas de ensino intencionalmente orientadas para a promoção da argumentação científica poderão ter tido no seu desenvolvimento pessoal e profissional, considerámos dois vetores ou eixos de análise, ainda que interligados: a problematização da prática e a mudança. A Tabela 40 contém uma síntese dos elementos caracterizadores destes dois eixos de análise, construída a partir do discurso da professora, durante as entrevistas realizadas após a observação das aulas das duas unidades didáticas.

Tabela 40

Síntese do discurso de Telma enquadrado na categoria desenvolvimento pessoal e profissional

	Problematização da prática	Mudança
1. ^a entrevista (unidade de Geologia)	<ol style="list-style-type: none"> 1. As práticas não foram conformes com o desenvolvimento de competências de argumentação científica; 2. Reconhecimento de dificuldades no domínio do saber-fazer, ao longo do processo de implementação das práticas; 3. Conhecimento didático muito limitado, que se repercute em práticas pedagógicas pouco inovadoras; 4. Perceção de que as práticas implementadas foram muito redutoras e que não promoveram, de forma sistematizada, o desenvolvimento de valores nos alunos, que façam deles melhores cidadãos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Há muito para melhorar. As experiências passadas, enquanto aluna e professora, são um entrave à mudança; 2. Os professores trabalham de forma isolada o que contribui para o não assumir de dificuldades, que se constituiria como um passo inicial para alteração de práticas; 3. Manifestou desejo de mudança, ainda que pouco estimulada para tal, aliada a uma falta de conhecimento acerca do saber-fazer que obstaculiza a inovação; 4. A adaptação a novas práticas, a ocorrer, será lenta, gradual e com o objetivo de formar 'melhores pessoas'.
2. ^a entrevista (unidade de Biologia)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A abordagem realizada em termos de ensino foi clássica: recorreu a fichas, a questões simples; 2. Manutenção das dificuldades em gerir a aula de forma eficaz, por falta de conhecimento pedagógico; 3. As dúvidas aprofundaram-se, ao longo da participação no projeto e concretizaram-se no domínio do 'como fazer' de forma adequada para desenvolver a argumentação científica dos alunos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ocorreram mais mudanças em termos de conceções do que das práticas; 2. A formação e a reflexão são elementos fulcrais para a mudança; 3. O trabalho colaborativo entre professores é um fator essencial para sustentar processos de mudança.

Face aos elementos que constam da tabela anterior, consideramos que se salientou a prevalência de uma conceção de desenvolvimento profissional da professora próxima de um modelo de racionalidade técnica (Schön, 1983, 1987), principalmente durante a primeira entrevista. Há uma primazia do conhecimento didático como solucionador dos problemas práticos, expurgando-os da sua complexidade e singularidade, sem atender ao contexto específico onde o professor atua. Nesta perspetiva, Telma parece ter considerado que o seu desenvolvimento profissional poderia ser melhorado a partir da aplicação de determinadas técnicas de ensino que, de forma quase imediata, pudessem impulsionar a sua prática pedagógica. Durante a segunda entrevista, emerge uma noção de desenvolvimento profissional mais direcionada para a importância da reflexão sobre a própria prática e do trabalho colaborativo entre professores, apontando-os como uma solução mais apropriada para a melhoria do seu desempenho, valorizando “a reflexão enquanto prática social, através da qual grupos de professores podem apoiar e sustentar o crescimento uns dos outros” (Zeichner, 1993, p.23).

4.2.2 O caso Alcina

A turma de 10.º ano lecionada por Alcina era constituída por 14 alunos¹¹, sendo seis do sexo feminino e oito do sexo masculino. A mediana de idades dos alunos era de 15 anos, em setembro de 2010, tendo o aluno mais novo 14 anos e existindo dois alunos, com 17 anos, os mais velhos da turma. Seis dos 14 alunos já tinham reprovado num dos anos letivos anteriores, encontrando-se quatro deles a repetir o 10.º ano, em 2010/2011.

Estando a frequentar a disciplina de Biologia e Geologia somente 14 alunos, não houve lugar a desdobramento da turma, nas aulas de 135 minutos, tal como estava previsto na legislação¹² em vigor, à data das observações. Estas aulas, que o programa da disciplina prevê que sejam de carácter exclusivamente prático (Amador et al., 2001) decorreram num laboratório, com bancadas de trabalho e mesas comuns, aglomeradas em filas, o que dificultava a realização de trabalho em grupo. As bancadas, situadas atrás das filas de mesas, foram ocupadas apenas durante a realização de trabalhos laboratoriais. Nos restantes dois blocos de 90 minutos, as aulas realizaram-se numa sala onde duas

¹¹ A turma era constituída por 23 alunos, dos quais 14 frequentavam a disciplina de Biologia e Geologia.

¹² Despacho n.º 13170/2009, publicado em 4 de junho.

mesas se encontravam agrupadas, estando os alunos distribuídos por quatro grupos de trabalho.

Em termos de sucesso académico, consideramos que a turma era heterogénea: (1) quatro alunos apresentaram, ao longo do ano, uma média de classificações¹³, nas diferentes disciplinas, no domínio do 'bom', entre 15 e 17 valores; (2) cinco alunos revelaram desempenhos académicos fracos, com médias de classificação a situarem-se entre os 8 e os 10 valores e (3) os restantes cinco alunos, obtiveram resultados satisfatórios, com médias entre os 10 e os 13 valores.

Em termos da disciplina de Biologia e Geologia, no final do ano, foi atribuída, a três alunos, uma classificação inferior a 10 valores. Contudo, a oito dos 14 alunos foram atribuídas classificações iguais ou superiores a 14 valores. O desempenho académico nas disciplinas de Matemática A e de Física e Química A foi inferior ao de Biologia e Geologia, sendo que seis e cinco alunos, respetivamente, de entre os 14 que constituíam a turma, terminaram o ano letivo, com classificações entre os 5 e os 8 valores.

A Tabela 41 mostra os assuntos científicos abordados ao longo das 10 aulas observadas, através da apresentação dos conteúdos conceptuais que foram trabalhados nas duas unidades didáticas (Sismologia e Fotossíntese). Nessa tabela consta, ainda, a duração oficial de cada uma das aulas (90 ou 135 minutos).

Tabela 41

Conteúdos conceptuais abordados ao longo das aulas de Alcina

	N.º da aula observada ¹⁴	Duração prevista da aula (min.)	Conteúdos conceptuais
GEOLOGIA	43	90	Sismologia: Revisão de alguns conceitos básicos (sismo, terramoto, intensidade, magnitude). Causa dos sismos.
	44	135	Perspetiva histórica do conceito de sismo. Os tremores de terra e a avaliação de riscos. Caracterização das ondas sísmicas.
	45	90	A velocidade de propagação das ondas sísmicas. Sismógrafos e sismogramas. Determinação do epicentro de um sismo.
	47	135	Atividade sísmica e formação de <i>tsunamis</i> . Minimização de riscos sísmicos – previsão e prevenção. Problemas de ordenamento do território.
	48	90	Prevenção de risco sísmico: análise de casos de risco sísmico. Normas legais de construção antissísmica.

¹³ Para o cálculo da média não foi considerada a disciplina opcional de Educação Moral e Religiosa Católica, que era frequentada por 10 alunos da turma.

¹⁴ As aulas 46 e 91 não foram observadas devido a compromissos do investigador. Na aula 46 a temática abordada relacionou-se com a sismicidade e a tectónica de placas e a aula 91 consistiu na realização da tarefa TA12, com envolvimento dos alunos numa atividade de investigação. Na aula 90, a professora abordou conteúdos conceptuais de uma outra unidade didática.

BIOLOGIA	86	90	Conceito de fotossíntese. Experiência de Engelmann. Espectro de absorção e espectro de ação. Estrutura simplificada de um cloroplasto.
	87	90	As etapas da fotossíntese.
	88	135	Diversidade de pigmentos fotossintéticos.
	89	90	Extração de pigmentos fotossintéticos. A fase química da fotossíntese.
	92	90	Fluorescência da clorofila.

4.2.2.1 – Tarefas e atividades

Para abordar os diversos conteúdos conceptuais, Alcina construiu cinco tarefas, apresentadas sob a forma de fichas de trabalho e de fichas laboratoriais, tendo proposto aos alunos a realização de outras sete que constavam do manual escolar. Todas as tarefas foram executadas através de trabalho em grupo, ao qual se seguiu uma discussão ao nível da turma. A professora projetou também diversos slides em *powerpoint* e, através de questionamento aos alunos, foram analisados esquemas, figuras e/ou fotografias. Nesta secção, estes slides não serão discutidos por não se terem constituído com a intenção de realização de trabalho prático pelos alunos. Na Tabela 42, encontram-se algumas informações relativas às 12 tarefas implementadas nas aulas de Alcina, seguida de uma breve descrição das mesmas.

Tabela 42

Lista de tarefas das aulas de Alcina

	Código da tarefa	Aula(s) de aplicação da tarefa	Designação da tarefa	Fonte	Nº. total de perguntas
GEOLOGIA	TA1	43 e 47	Sismos e o risco sísmico	Professora	14
	TA2	44	Os tremores de terra e a avaliação de riscos	Professora	6
	TA3	45	Determinação do epicentro de um sismo	Manual escolar	3
	TA4	45	Determinação da magnitude de um sismo	Manual escolar	5
	TA5	47	A atividade sísmica e a formação de <i>tsunamis</i>	Manual escolar	4
	TA6	47	Previsão sísmica	Manual escolar	2
	TA7	47	Perigo sísmico de um <i>tsunami</i>	Manual escolar	3
	TA8	47	Risco sísmico na região da escola	Professora	1
	TA9	48	Exercícios de revisão	Manual escolar	8
BIOLOGIA	TA10	87	Etapas da fotossíntese	Manual escolar	4
	TA11	88 e 89	Extração de pigmentos fotossintéticos	Professora	5
	TA12	91	Observação da fluorescência da clorofila	Professora	14

Das informações da tabela anterior, verificamos que foram propostas mais tarefas na unidade de Geologia (9, no total) do que na de Biologia (3). A professora tinha intenção de aplicar mais duas tarefas do manual escolar, na unidade de Biologia, uma relativa à experiência de Engelmann e outra sobre aspetos históricos relacionados com o processo fotossintético, conforme consta do documento de reflexão prévio às aulas (RP5_AI). Contudo, no final da aula 87, Alcina referiu que não as utilizou por lapso: como o *slideshow* continha a informação relacionada com o conteúdo conceptual das tarefas, acabou por fazer uma exploração dos assuntos através de interações orais com os alunos.

Para as aulas da unidade de Geologia, a professora elaborou três tarefas e utilizou seis propostas de trabalho que constavam do manual escolar. Já para as aulas de Biologia, a professora usou uma proposta que constava do manual (a que acrescentou uma pergunta) e elaborou duas outras tarefas. Uma delas resultou da reformulação de uma tarefa que Alcina tinha construído para a investigação realizada durante o curso de Mestrado.

A TA1, à qual a professora atribuiu a designação de ‘ficha formativa’, é constituída por duas componentes. Na primeira apresentam-se três textos, retirados de sítios da internet e de um jornal nacional, correspondentes a notícias que relatam a ocorrência de sismos em regiões distintas: Chile, Japão e Indonésia. Os alunos, após a leitura dos textos, depararam-se com 10 perguntas para as quais foram “solicitados a apresentarem as suas conceções, a recordar conteúdos já abordados e relacioná-los com as situações expostas” (RP1_AI). Assim, o objetivo fundamental desta componente da tarefa foi, segundo Alcina, que os alunos recordassem e aprofundassem conhecimentos básicos no domínio da sismologia (p.e.: conceitos de sismo, magnitude, intensidade, epicentro), recorrendo, para tal, à contextualização dos assuntos científicos através das notícias. A segunda componente da tarefa, que foi implementada somente quatro aulas após a discussão da primeira, aborda a problemática do risco sísmico. A professora utilizou excertos de um artigo científico retirado do número 1, do ano de 2003, da revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, para levar os alunos a responder a quatro perguntas relativas à avaliação do risco sísmico. Uma das perguntas implicou os alunos num trabalho de pesquisa, realizado em casa ou na biblioteca da escola, por inacessibilidade a computadores, na sala de aula, ainda que a sua discussão tenha sido feita, posteriormente, noutra aula.

Uma tarefa de natureza laboratorial foi a segunda proposta de trabalho que Alcina apresentou aos alunos. Para a professora, a TA2, baseada numa das sugestões metodológicas do programa, envolveu a “observação e recolha de dados, a partir de modelos analógicos, interpretação dos dados e prever o que pode ocorrer em situação real” (RP2_Te). Aos alunos foi entregue um protocolo que propunha a realização de uma atividade laboratorial com a finalidade de permitir uma avaliação dos riscos decorrentes da atividade sísmica, em edifícios construídos sob materiais rochosos compactados ou não compactados. Após a realização do trabalho laboratorial, os alunos, em grupo, responderam às seis perguntas de discussão, que foram posteriormente discutidas, oralmente, em aula.

A introduzir a TA2 não houve qualquer problematização, nem levantamento de questões que orientasse a sua realização, tal como se verifica a partir do registo de observações da aula 44. Na coluna de ‘observações/inferências’, inscrevemos a seguinte pergunta: “Porque não houve, previamente, um momento de questionamento com formulação de problemas e de hipóteses, sucedendo-se a elaboração do procedimento experimental?” (RO2_AI). Na primeira entrevista, Alcina mostrou-se convicta de que esta tarefa deveria ser sujeita a algumas alterações para potenciar o envolvimento dos alunos na argumentação científica, uma vez que a considerou demasiadamente orientada: *“Lá está, não olhei e foi assim, mas poderia... e, agora, se calhar ‘tou a analisá-la de uma maneira completamente diferente, não é? Acho que sim [que a iria alterar]”* (EP1_AI_387). Acrescentou, ainda, que a alteração a efetuar iria no sentido de dar um carácter investigativo à tarefa: *“...pois, eu poderia ter aplicado uma investigação, pronto, na mesma ordem das outras que tenho para a Biologia e, se calhar, até é uma coisa que eu não dei uma grande ênfase naquela atividade, se calhar era potenciadora... [da argumentação científica]”* (EP1_AI_335).

As TA3 a TA7 correspondem a propostas de trabalho constantes do manual escolar. Estas tarefas têm características muito próximas: apresentam textos e imagens que se complementam, seguidas de um conjunto de perguntas, com um enfoque claro no conhecimento substantivo ou conceptual. Alcina reconheceu que a finalidade destas tarefas foi a de “consolidar os conceitos referentes à unidade” (RP3_AI; RP4_AI). A TA3 coincide com a que foi implementada por Telma com o mesmo código (o manual escolar adotado nas duas escolas era o mesmo), pelo que a descrição feita anteriormente se aplica neste caso. A TA4 remeteu os alunos para a determinação da magnitude de um sismo,

através de dados recolhidos a partir de um sismograma: o atraso das ondas S (diferença de tempo de chegada entre as ondas P e as ondas S) e amplitude máxima da onda. A descrição e análise do processo de formação de um *tsunami* foram os objetivos da realização da TA5 e a previsão de ocorrência de um sismo e o perigo sísmico foram objeto de discussão das TA6 e TA7, respetivamente.

A TA8, construída por Alcina, consistiu numa proposta de trabalho, apresentada aos alunos, no final da unidade didática. Esta tarefa implicou a realização de trabalho de pesquisa extra-aula, realizado em grupo, e tinha por objetivo que os alunos efetuassem uma avaliação do risco sísmico da cidade onde a escola está situada. Esta tarefa possui algumas características comuns às designadas atividades autênticas (Jiménez-Aleixandre, 2010), como o partir de um problema real e concreto, ser aberta e relevante para os alunos. A professora mostrou, na sequência da tarefa proposta, um *slideshow* com algumas informações relativas à história geológica da região de inserção da escola. Os alunos produziram um trabalho escrito, mas não o apresentaram à turma. Quando questionada sobre o motivo que a levou a não considerar a comunicação à turma destes trabalhos realizados pelos alunos, a professora referiu que seria repetitiva e monótona a apresentação de conclusões muito semelhantes, uma vez que o contexto de partida que constava da tarefa era o mesmo para todos os grupos.

A TA9 corresponde a um conjunto de exercícios, de final de unidade, presente no manual escolar, com a finalidade de verificar se os alunos apropriaram os conteúdos conceptuais contemplados no programa.

As três tarefas da unidade de Biologia envolveram os alunos na realização e/ou análise de trabalhos laboratoriais, de natureza experimental (Leite, 2001). A TA10, de papel e lápis, retirada do manual escolar, consiste na análise de resultados experimentais que sintetizam o conhecimento produzido nas décadas de 50 e 60, do século XX, sobre as etapas da fotossíntese. As outras duas tarefas – TA11 e TA12 – implicaram os alunos em atividades de investigação, ainda que uma delas (TA11) de forma orientada e a outra (TA12) mais aberta, na qual se apela à formulação de questões, de hipóteses e planificação de uma experiência. Para além da realização dos trabalhos experimentais, os alunos tiveram, ainda, que preparar e realizar comunicações à turma, onde apresentaram todo o processo de investigação efetuado.

Nos vários documentos de reflexão prévia às aulas, a professora indicou as competências de domínio procedimental e de domínio atitudinal que procurou promover

nos alunos, para além das de domínio conceptual, que fomos mencionando nos parágrafos anteriores. De entre aquelas, encontram-se a interpretação de informação, raciocínio, organização conceptual da informação, aquisição e comunicação de informação, para as primeiras e a promoção de atitudes, normas e valores relativos ao trabalho em grupo, para as segundas.

Para a professora, as tarefas propostas tiveram o propósito de envolver os alunos na argumentação científica, pois foram, na sua maioria, discutidas em aula: “Através da discussão das atividades proporcionar-se-á o envolvimento dos alunos na argumentação científica” (RP3_AI; RP5_AI). Quando solicitada a clarificar a afirmação anterior, a professora referiu:

...o que é que eu queria dizer? Hum... Perante dados que... que... que, vou repetir a palavra, que eram dados aos alunos... e de pesquisas, levá-los exatamente a questionar... a questionar, de modo a que eles apercebem-se se seria assim, se fariam de outra maneira, era nesse sentido que eu estava... ou se havia outros dados que fossem importantes e que faltassem ou outras informações que seria preciso recolher, era nesse sentido que eu queria... (EP1_AI_69/71).

A professora salientou a importância da discussão e do uso de dados para o processo de argumentação, tendo vindo a manifestar esta ideia desde as entrevistas em grupo focal. Contudo, na sua opinião, as tarefas não foram igualmente potencializadoras do emergir da argumentação nos alunos. Tal pode ter-se ficado a dever ao tipo de perguntas que constavam das várias tarefas usadas durante as aulas. Para determinarmos, com mais rigor a natureza dessas perguntas, efetuámos a sua classificação, seguindo a proposta de Blosser (2000), já utilizada no caso anterior. A Tabela 43 fornece os resultados decorrentes desse processo de categorização das perguntas.

A análise efetuada, permite-nos afirmar que:

(1) Cerca de 73% (45) do total de perguntas presentes das tarefas são fechadas. Destas, 60% (27, de um total de 45) são perguntas que apelam ao pensamento convergente;

(2) As perguntas abertas representam cerca de 1/4 de todas as perguntas presentes nas 12 tarefas, contribuindo a maioria delas (cerca de 59%) para promover o pensamento divergente;

(3) Somente 11% (7) das perguntas foram enquadradas na subcategoria ‘pensamento avaliativo’. Destas, a maioria surge na TA11, que envolveu os alunos na realização de trabalho experimental de carácter investigativo;

(4) Cinco das tarefas propostas não contemplam qualquer pergunta aberta;

(5) Há uma única tarefa da unidade de Geologia – TA8 – que mobiliza o pensamento avaliativo dos alunos.

Tabela 43

Distribuição das perguntas das tarefas das aulas de Alcina, por níveis de categorias (Blosser, 2000)

Categorias de perguntas					
	Código da tarefa	Perguntas fechadas		Perguntas abertas	
		Memória cognitiva	Pensamento convergente	Pensamento divergente	Pensamento avaliativo
GEOLOGIA	TA1	8	3	3	---
	TA2	2	2	---	---
	TA3	---	3	---	---
	TA4	3	2	---	---
	TA5	---	4	---	---
	TA6	---	1	1	---
	TA7	1	1	1	---
	TA8	---	---	---	1
	TA9	3	5	---	---
BIOLOGIA	TA10	---	4	---	---
	TA11	---	2	2	1
	TA12	1	---	3	5
Total		18	27	10	7

Queremos ainda destacar duas tarefas, de entre as 12 usadas por Alcina, por considerarmos que, atendendo às suas características, são as que potencialmente melhor se adequam ao desenvolvimento da argumentação científica pelos alunos, nelas se incluindo perguntas mobilizadoras do pensamento avaliativo: a TA8 e a TA12. A primeira delas, parte de um problema autêntico (Jiménez-Aleixandre, 2010) e com relevância para os alunos. A outra requer que os alunos problematizem e construam os seus processos de investigação, centrando neles a necessidade de delinear percursos que conduzam à resolução das questões que levantaram. Para autores como Jiménez-Aleixandre (2010), estas tarefas pouco estruturadas e que permitem gerar uma variedade de respostas são fomentadoras do desenvolvimento de argumentação científica. Elas permitem que os alunos proponham, avaliem e revejam ideias, que selecionem e interpretem dados, que proponham explicações à luz de evidências, centrando neles o processo de ensino.

Para Alcina, as tarefas citadas, para além da segunda componente da TA1, são ajustadas para desenvolver a argumentação científica dos alunos *“Porque eles têm que refletir e têm que justificar aquilo que estão a fazer, perante... se há evidências, ou não, não é, ali num caso prático... e acho que isso os leva a desenvolver essas competências”* (EP2_AI_109). Porém, a professora mostrou-se convicta de que é raro encontrar tarefas

deste tipo nos manuais escolares, podendo este fator constituir um entrave à implementação de práticas que propiciem o desenvolvimento da argumentação nas aulas de ciências: *“É que nós não temos onde ir buscar grande coisa, não é, aqui ou acolá, podemos... poderá haver alguma bibliografia mas, depois não está adequada aos nossos programas, não é? Temos sempre que ser nós a fazer”* (EP2_AI_126). Esta posição da professora é apoiada pelos resultados expressos na tabela anterior, pois em nenhuma das tarefas do manual escolar encontramos perguntas abertas mobilizadoras de pensamento avaliativo. Efetivamente, apenas as TA6 e TA7, com origem no manual escolar, têm uma pergunta que apela a pensamento divergente e, dessa forma, mais apropriadas para fazerem emergir discursos argumentativos. Quanto às possíveis dificuldades na construção das tarefas, a professora declarou:

Eu não vou chamar-lhe dificuldades mas, lá está, tive dúvidas se estava a fazer tudo direitinho. Essa [a TA1] fui eu que fiz toda, agora (...) A minha dúvida ou a minha dificuldade é nesta perspetiva da incerteza, será que fiz bem porque fui eu que a fiz, não fui buscar a manuais, foi mesmo para cortar com isso e, por outro lado, nas respostas, se quiseres que eu te mostre a minha ficha respondida, ela está por tópicos porque eu própria não encontrei respostas... corretas (EP1_AI_543/551).

Ainda que tenha sentido satisfação com a TA1 que construiu, Alcina revelou, por um lado, insegurança quanto à sua adequação à finalidade pretendida de envolver os alunos na argumentação científica e, por outro, a dificuldade em lidar com perguntas abertas em que não há uma resposta única e correta, do ponto de vista científico.

Um outro aspeto que se tornou proeminente nas tarefas que elaborou, particularmente nas da unidade de Geologia, foi o contexto que foi criado para explorar os assuntos científicos, como o recurso a notícias. Ainda assim, a professora diz que também ficou com incerteza quanto ao papel que elas desempenhariam na tarefa e se facilitariam o surgimento da argumentação: *“As notícias tinham sido de tremores de terra, sismos dali do início de janeiro. Tentei imaginar e fazer aquilo, daí as minhas dúvidas, será que está correto, ser...? Eu tentei fazer o melhor possível”* (EP1_AI_547). Contudo, esta dimensão da contextualização das tarefas parece ser algo que os alunos valorizaram, como se depreende das palavras de Anabela, uma das alunas entrevistada:

Quando vimos as notícias, se tem alguma coisa a ver com a Biologia ou a Geologia, que nós já demos ou 'tamos a dar, por acaso naquele momento, nós, por acaso, trazemos sempre esses assuntos para aqui! (...) porque depois começamos a associar a matéria que nós estamos aqui a aprender na escola com o mundo lá fora. (EA_AI_198/200).

Uma referência a este aspeto foi registada durante as observações das aulas, a propósito da TA8: “A professora faz a ponte para a zona X, em que na praia Y há uma arribas ativa sob a qual estão construídas casas. Os alunos ficam muito interessados, colocando perguntas e fazendo comentários” (RO5_AI). Continuando para a coluna de ‘observações/inferências’, encontramos, ainda, o seguinte registo “Os alunos ficam sempre interessados quando há referência ao contexto da região em que habitam” (RO5_AI). Contudo, as tarefas da unidade de Biologia foram introduzidas sem recurso a qualquer tipo de contexto ou cenário que desse mais relevância social ao estudo da fotossíntese. Ao confrontar-se com esta questão, Alcina referiu que à partida considera que os conteúdos relativos àquela temática são menos propícios à construção desse cenário, “*Mas, se calhar, haveria maneira de lá chegar, mas nem pensei nisso, não é? Na sismologia, depois tinha havido... sismos na altura, o que proporcionou...*” (EP2_AI_377). Outro fator a que a professora deu importância prende-se com o facto de as temáticas da componente de Geologia, do programa da disciplina, serem mais propícias à abordagem que foi realizada, pois as situações-problema estão mais direcionadas para fomentar uma educação que relacione ciência, tecnologia e sociedade. Já a componente de Biologia, na opinião de Alcina, apresenta situações-problema de natureza exclusivamente científica, pelo que mais dificilmente se trabalharão os temas de acordo com aquela perspetiva. Contudo, afirmou que tal não é impossível desde que haja criatividade para estabelecer essas relações.

Um dos aspetos mais valorizado pela professora para fomentar a argumentação durante as aulas foi a realização de trabalho em grupo, seja em pares ou em grupos maiores, de quatro elementos:

Eu... eu acho que o trabalho em grupo ou em pares é sempre mais vantajoso porque, lá está, duas cabeças a pensar, pensam sempre de maneira diferente e isso pode ser muito positivo, mais a mais, numa situação de argumentação, porque uns podem encontrar evidências aqui e discutir neste sentido mas o outro pode interpretar de outra maneira e ver a mesma evidência e interpretar de outra maneira e eu acho que isso é muito importante porque enriquece sempre. Por isso, nestas atividades eu prefiro que eles as resolvam em grupo, correndo o risco, do barulho e de tudo... (EP1_AI_417).

Esta opinião da professora é coerente com a que manifestou durante o grupo focal. Numa das sessões, Alcina referiu que o trabalho em grupo era o tipo de atividade que fomentava a argumentação, pois permitia que os alunos interagissem e construíssem o seu conhecimento. Os alunos, também, partilharam desta opinião da professora. No questionário (Apêndice XIII), os 14 alunos da turma concordaram que o trabalho em grupo

é útil para o desenvolvimento da argumentação, como evidenciam os seguintes exemplos de respostas: (1) “Sim, porque posso discutir teorias e opiniões com os meus colegas de grupo, para melhorar a minha capacidade crítica” (QA7_AI); (2) “Sim, muito mais útil que o trabalho individual porque por vezes compreendemos os assuntos melhores [sic]” (QA11_AI); (3) “Sim, porque cada elemento tem a sua própria ideia e é preciso argumentar” (QA14_AI). Na entrevista que realizámos a dois alunos de Alcina, ambos referiram, também, o papel que o trabalho em grupo pode ter na promoção da argumentação:

Eu quando procuro perguntar a alguém, por exemplo, para ele, eu pergunto-lhe qualquer coisa, ele responde e eu assim: ‘Então, mas por que é que é assim?’, e ele depois vai-me tentar responder, ‘Então, mas eu acho que é assim’, e eu ‘Não, mas...’ e nós estamos [*a argumentar*] (EA_AI_319).

O reconhecimento que a professora atribuiu ao trabalho em grupo é evidenciado pelo tempo de aula que destinou à sua concretização, conforme se evidencia a partir da informação da Tabela 44.

Tabela 44

Tempo dedicado ao trabalho em grupo, em função do tempo total de cada aula de Alcina

	Aula	Tempo total efetivo de aula (s)	Tempo efetivo dedicado ao trabalho em grupo (s)	Percentagem de tempo efetivo dedicado ao trabalho em grupo em função do tempo total efetivo de aula
GEOLOGIA	43	4800	2212	46,1
	44	7597	2612	34,4
	45	5140	1415	27,5
	47	7571	3050	40,3
	48	5102	1826	35,8
BIOLOGIA	86	2841 ¹⁵	0	0
	87	4840	475	9,8
	88	7900	7650	96,8
	89	5147	0	0
	92	3371 ¹⁶	0	0

Os alunos realizaram trabalho em grupo em sete das 10 aulas observadas. A percentagem de tempo a ele dedicada, nessas sete observações, variou entre 9,8%, na aula 87 e 96,8%, na aula 88. A não realização de trabalho em grupo em três das aulas

¹⁵ Cerca de 39 minutos da aula foram destinados a concluir a unidade didática “Trocas gasosas nos animais”.

¹⁶ Este período corresponde ao tempo que foi utilizado para a apresentação e discussão dos resultados da atividade experimental. Os restantes 31 minutos da aula foram usados para trabalhar a unidade didática seguinte “O transporte nas plantas”.

observadas, todas da unidade de Biologia, justifica-se por dois motivos fundamentais: (1) na aula 86, a professora tinha previsto a realização de duas tarefas do manual escolar mas, por lapso, acabou por não as implementar, como já anteriormente referimos; (2) nas aulas 89 e 92, os alunos comunicaram à turma os resultados dos trabalhos experimentais realizados durante as aulas 88 e 90, tendo apresentado o produto do trabalho realizado em grupo.

A regularidade com que o trabalho em grupo se realizou foi facilitada pela organização espacial das mesas dos alunos, nas aulas cuja duração era de 90 minutos. Na maioria das aulas, os alunos estavam organizados em grupos de três ou quatro elementos. Por vezes, os dois grupos de quatro elementos trabalhavam em pares pois a dimensão das mesas dificultava a interação entre os alunos que estivessem sentados em polos opostos como confirmou a professora: *“...tenho a noção de que nos grupos de quatro, eles, muitas vezes, estão a ser feitos dois a dois, porque não há hipótese, não dá para estarem ali os quatro juntos, é difícil, de facto”* (EP1_AI_421). No entanto, momentos antes da discussão das tarefas, os alunos que formavam um mesmo grupo de quatro elementos trocavam ideias entre si.

A professora, por norma, não estipulou a duração do trabalho em grupo. Foi monitorizando o funcionamento dos grupos e esclarecendo eventuais dúvidas surgidas durante a execução das tarefas. Em termos de organização, a constituição dos grupos foi alvo de reformulação no início do 2.º período. Quando observámos as duas aulas cujo objetivo era a familiarização dos alunos com a nossa presença na sala, apercebemo-nos de que dois grupos eram disfuncionais: um deles era constituído por cinco elementos (incluía um aluno que assistiu às aulas, durante o 1.º período, sem estar inscrito na disciplina), todos do sexo masculino, dois deles repetentes, revelando alguma resistência a envolverem-se no trabalho da aula e em que as conversas paralelas eram frequentes; o outro grupo era formado por três elementos, dois do sexo masculino e um do sexo feminino, com grande capacidade de trabalho, muito empenhados mas com tendência para a competição e pouco colaborativos entre si. No final da primeira aula observada, abordámos, informalmente com a professora, o assunto do disfuncionamento de alguns grupos, que reconheceu que a dinâmica de trabalho não era adequada, pelo que considerou avançar com uma proposta de alteração da constituição dos grupos, no conselho de turma do final do 1.º período. A professora informou que não negociou regras de funcionamento dos grupos mas que apenas lhes deu algumas ‘dicas’, como a

responsabilidade de todos participarem na elaboração dos trabalhos propostos e de se ouvirem uns aos outros. Assumi, ainda, que no 1.º período, foram os alunos a decidir onde se sentavam e com quem, sem quaisquer critérios por si definidos. Os alunos eram oriundos de zonas diversas do concelho onde a escola se localiza, pelo que, segundo Alcina, a tendência foi para se associarem consoante o local onde residiam: *“No início do ano, distribuí... deixei que eles se distribuíssem por afinidades e por locais de residência. Normalmente, são estes os critérios que eles utilizam”* (EP1_AI_452). Contudo, a investigação (Almeida, 2004; Berrocal, & Zabal, 1995; Perret-Clermont, 1995) tem revelado que não basta sentar os alunos lado a lado para que as aprendizagens sejam eficazes e o trabalho produtivo. Assim, entre outros aspetos, é necessário ter em consideração a zona de desenvolvimento proximal (Vygotsky, 2007) dos alunos que constituem os grupos, para que possa emergir alguma dissonância cognitiva, que possa ser negociável, que os leve a colocar em comum as suas perspetivas sobre determinado assunto, fomentando a discussão e a argumentação. Alguns autores como Bonals (2000) têm defendido que um agrupamento desajustado de alunos pode impedir “uma adequada dinâmica de trabalho, que pode afetar, ao mesmo tempo, a resolução satisfatória das tarefas” (p. 13), sendo a distância conceptual entre alunos, um dos critérios qualitativos de formação dos grupos. Para aquele autor, “convém que os níveis dos alunos que compõem o grupo sejam ligeiramente heterogéneos, mas que a distância entre eles não ultrapasse o nível em que os menos evoluídos não possam entender as produções dos seus colegas de grupo “ (Bonals, 2000, p. 19).

A nova constituição dos grupos resultou dos seguintes critérios definidos por Alcina: heterogeneidade de sexo e de desempenho escolar, neste caso, baseado nas classificações atribuídas pelo conselho de turma, no final do 1.º período. Segundo Alcina, a mudança produziu efeitos muito positivos na dinâmica do trabalho em grupo, algo que, também, assinalámos nos registos de observação de aulas: “A dinâmica de funcionamento dos grupos melhorou em relação às observações anteriores” (RO1_AI). Jorge, um dos alunos que participou na entrevista em grupo, pertenceu a um dos grupos disfuncionais anteriormente referidos, tendo manifestado a sua concordância com as alterações introduzidas por Alcina:

...pronto, o meu grupo, sinceramente no primeiro... no primeiro período, era o grupo dos amigos que ninguém fazia nada! Eu... eu e o Vasco respondíamos porque sabíamos do ano passado. Os outros ficavam a "anhar" [sic] e respondiam porque nós lhes dizíamos! E, agora, com a mudança de grupos, é diferente. Eles... eles trabalham, cada um faz por si e quando tem

alguma dúvida ainda me vêm perguntar, eu tento explicar mas algumas coisas que eu também penso "não, não posso dizer tudo que senão...", por exemplo, a Ana... por exemplo, quando tem uma dúvida, vem-me... pergunta-me "Jorge, como é que é isto?" e eu... eu, às vezes, em vez de lhe explicar, "olha aí, o que é que 'tas a fazer". Ela lê-me a resposta dela e eu tento deixá-la chegar lá! (EA_AI_309).

Desta forma, parece-nos que o professor deve ter um papel interventivo na constituição dos grupos de alunos nas aulas, de forma a contribuir para uma melhor dinâmica do trabalho, uma vez que "é ele que tem o saber mais elaborado sobre as condições ótimas da aula para favorecer o desenvolvimento das capacidades dos alunos" (Bonals, 2000, p. 25), em que se incluem as relativas à argumentação científica.

4.2.2.2 – O papel da professora e dos alunos

Para caracterização do papel da professora e dos alunos recorremos, para além das entrevistas, aos registos de observação das aulas e às transcrições de quatro aulas, tal como referido no Capítulo 3. A sequência de descrição, análise e interpretação do presente caso, seguirá a linha orientadora presente na secção anterior (caso Telma).

As quatro aulas analisadas – 47 e 48, da unidade de Geologia, 87 e 89, da unidade de Biologia – foram segmentadas em episódios e, em seguida, foram construídos os respetivos mapas (Apêndice XIV). A partir da análise desses mapas, elaborámos a Tabela 45 que permite caracterizar as aulas quanto ao tipo de discurso mobilizado pela professora e pelos alunos.

Tabela 45

Caracterização das aulas de Alcina em função do tipo de discurso

	Aula	Duração prevista (min.)	N.º de episódios por tipo de discurso						% de tempo utilizado quanto ao tipo de discurso		
			Gestão de aula	Agenda	Conteúdo	Gestão de aula	Agenda	Conteúdo	Gestão de aula	Agenda	Conteúdo
GEOLOGIA	47	135	26	6	21	39	7	43	65,4	5,2	29,4
	48	90	13	1	22				49,7	7,3	43
BIOLOGIA	87	90	15	1	25	31	3	67	26,9	1,9	71,2
	89	90	16	2	42				14,3	1,4	84,3
Total/Valores médios			70	10	110				39	4	57
Total de episódios: 190											

Em função dos dados disponibilizados na Tabela 45, podemos concluir que:

(1) Cerca de 58% (110) dos episódios foram enquadrados num discurso de conteúdo, contemplando, portanto, a abordagem de conteúdos conceptuais e/ou procedimentais do currículo. Os restantes episódios distribuem-se da seguinte forma: em

37% (70), o discurso dominante é de gestão de aula, referente à apresentação, descrição e acompanhamento dos alunos na execução das tarefas, leitura de textos, realização de trabalho em grupo, orientações para a execução das propostas de trabalho, conversas particulares da professora com alunos ou grupos de alunos, entre outras e 5% (10) contempla um discurso de agenda, em que a professora redige e dita os sumários, propõe a realização de trabalhos de casa ou sugere a participação noutro tipo de projetos como as olimpíadas da biotecnologia;

(2) 55% (39) dos episódios com discurso de gestão situam-se nas duas aulas de Geologia (com destaque, para a aula 47, na qual a professora apresentou, de forma demorada, a TA8), enquanto 61% (67) dos episódios de conteúdo são relativos às aulas da unidade de Biologia (com relevo para a aula 89, na qual se identificaram 42 episódios com um discurso de conteúdo predominante);

(3) Há uma diferença apreciável em relação à percentagem relativa de tempo contabilizado como discurso de gestão de aula e discurso de conteúdo, entre as aulas das duas unidades didáticas. Assim, em coerência com o referido no ponto anterior, o discurso de conteúdo foi dominante nas aulas de Biologia e o discurso de gestão, nas aulas de Geologia. Isto está relacionado com o tipo de estratégias usadas durante as aulas. Efetivamente, se compararmos estes dados com os da Tabela 46, constatamos que nas aulas de Geologia em foco, os alunos estiveram envolvidos durante um período de tempo considerável na realização de trabalho em grupo, ao invés do que sucedeu nas aulas 87 e 89, de Biologia, nas quais a realização de tarefas em grupo foi residual. A Tabela 46 sustenta estas afirmações, pois quando excluímos o tempo dedicado ao trabalho em grupo, contabilizado para efeitos do discurso de gestão, a percentagem relativa ao discurso de conteúdo, nas aulas da unidade de Geologia, aumenta consideravelmente, chegando a atingir cerca de 67% do tempo total efetivo da aula 48.

Tabela 46

*Caracterização das aulas de Alcina em função do tipo de discurso
(sem contabilizar o período relativo ao trabalho em grupo)*

	Aula	Duração prevista (min.)	% de tempo utilizado quanto ao tipo de discurso		
			Gestão de aula	Agenda	Conteúdo
GEOLOGIA	47	135	42,1	8,6	49,3
	48	90	21,7	11,4	66,9
BIOLOGIA	87	90	18,9	2,1	79
	89	90	14,3	1,4	84,3
Valores médios			24,3	5,9	69,9

Os dados da Tabela 46, também, permitem afirmar que, mesmo desprezando o tempo utilizado na execução de tarefas em grupo, o discurso de gestão de aula representou, em média, cerca de um quarto do tempo total das quatro aulas e se lhe associarmos o tempo dedicado ao discurso de agenda, esse período ultrapassou os 30%. Consideramos que perante um programa que os professores classificaram de extenso e conceptualmente exigente, há necessidade de fazer uma gestão do tempo cuidada para trabalhar os conteúdos de forma mais eficaz e equilibrada. Quando mais de um quarto do tempo médio efetivo de aula é utilizado para gerir situações que estão para além das aprendizagens formais (ainda que para elas possam contribuir) pode-se colocar em risco a implementação de tarefas com potencial educativo, por implicarem mais tempo na sua realização. Alguns estudos (Lee, & Lin, 2005; Newton, Driver, & Osborne, 1999) têm revelado que os professores consideram ser difícil implementar tarefas que exijam a participação ativa dos alunos, nomeadamente, através de discussões em sala de aula, atendendo à extensão dos conteúdos programáticos que têm de abordar durante um ano letivo. Esta perspetiva esteve presente no discurso de Alcina, durante uma das entrevistas: *“Tenho pena é que o tempo não permita fazer mais [deste tipo de tarefas]! (...) Não estou a considerar que aquilo foi tempo que gastei a mais! Estou é, pelo contrário, a dizer que não tenho tempo para desenvolver mais atividades...”*(EP2_AI_114).

Contudo, consideramos que não é apenas por atribuir uma quantidade de tempo significativa à implementação de tarefas que mobilizam a argumentação científica, que essas competências se desenvolvem. É necessário atentarmos noutras características do discurso de sala de aula.

Para tal, e como já temos vindo a referir, torna-se fundamental dar oportunidade aos alunos para participarem do discurso das aulas. A Tabela 47 fornece alguns dados relativos ao tempo de intervenção oral de Alcina e dos alunos, durante as quatro aulas em análise.

Tabela 47

Tempo de fala da professora, dos alunos e de pausas em quatro aulas de Alcina

	Aula	Tempo total da transcrição da aula (s)	Fala da professora (s)	Fala dos alunos (s)	Pausas (s)
GEOLOGIA	47	4521	2163	1403	955
	48	3276	1961	849	466
BIOLOGIA	87	4635	3054	944	367
	89	5086	2210	2014	862
Total		17558	9388	5210	2690

Tal como para o caso de Telma, a informação apresentada não inclui o tempo utilizado para a realização de trabalho em grupo, pelos motivos já invocados anteriormente. Os dados apresentados são claros quanto ao predomínio da voz da professora, representando cerca de 54% do tempo total das quatro aulas. Alcina fez-se ouvir, particularmente, nas aulas 48 e 87, nas quais as suas intervenções orais corresponderam, respetivamente, a cerca de 60% e 66%, do tempo total dessas aulas. Ainda assim, em média, cerca de 30% do tempo efetivo das quatro aulas foi ocupado com a participação oral dos alunos, o que é manifestamente superior ao que outros autores têm vindo a afirmar (Arends, 2012; Dillon, 1994; Gallas, 1995). Para esse valor contribuiu, de forma preponderante o tempo de fala dos alunos na aula 89, na qual ocorreram comunicações à turma sobre os resultados do trabalho laboratorial executado na aula anterior. Em relação à participação oral dos alunos, Alcina revelou algumas ambiguidades no discurso. Se, por um lado, considerou que a atitude passiva dos alunos é uma dificuldade quando se pretende implementar práticas de argumentação, por outro, afirmou ter consciência de que houve momentos onde teve de controlar a intervenção de alguns elementos da turma:

...há que ter consciência que, às vezes, também cortamos um bocadinho na palavra porque não dá, sobretudo, quando, às vezes, há situações que poderiam levar, mas que não faz parte, agora, deste ponto e é melhor parar porque se não a aula dispersa para outro lado e... e... e não dá naquela altura! Às vezes, acontece e cortamos a palavra porque não dá! Não vem e... e nós estamos a olhar para o relógio, pelo menos, aquilo que queremos que fique dado hoje não é? Pronto, é um facto. Não me estou a desculpar, mas... (EP2_AI_207).

Independentemente desta posição, Alcina afirmou que uma das condições necessárias para os alunos se envolverem em práticas de argumentação científica é “...dar-lhes a palavra e... e... e permitir que eles falem mais” (EP2_AI_226). Desta forma, na sua opinião, promove-se o envolvimento dos alunos nas aulas e contribui-se para que aqueles que revelam dificuldades em expressar o seu pensamento, possam melhorar as suas competências de oralidade e de pensamento.

Outra característica que ressalta dos dados é o tempo de pausas, em particular nas aulas 47 e 89. Nessas aulas, o período de pausas foi elevado, ocupando 21% e 16,9%, respetivamente, do tempo total. Foi, também, nessas aulas que os alunos tiveram mais tempo de intervenção. Estas pausas estão associadas a períodos de espera entre perguntas formuladas pela professora e respostas dadas pelos alunos, a períodos de pausa para reformulação de perguntas pela professora, a momentos de conversas paralelas

entre alunos, sem intervenção oral da professora e, ainda, a períodos de tempo em que os materiais (fichas de trabalho) eram distribuídos pela turma, entre outros.

A participação oral dos alunos nas aulas foi algo que Alcina pretendeu fazer ressaltar durante as entrevistas. Na opinião de Alcina, os alunos estão muito dependentes dos professores. Os alunos tendem a assumir um papel passivo de ouvinte e, desta forma, são pouco autónomos, mesmo quando se pretende atribuir-lhes um papel mais interventivo, diferente do tradicional:

Estes alunos... foi o que nós já falámos, estão muito dependentes, eu queria que eles tivessem um papel um bocadinho mais ativo na construção do conhecimento deles, e a pesquisarem e irem à procura de determinadas coisas. Mas isso tudo que tu disseste é o que eu noto e aquela coisa e, às vezes, há frases que me ficam logo, "Então, a professora ainda não deu e já quer...". Acho que eles estão muito agarrados... é isso, ao professor... (EP1_AI_225)

Esta é uma das razões que levaram Alcina a comprometer os alunos na execução das tarefas, na planificação de atividades a desenvolver, como as laboratoriais, ou na comunicação à turma do trabalho realizado, dos resultados e conclusões consensualizadas através de trabalho em grupo. Contudo, a imagem tradicional de aula e do papel de aluno e professor emergiu, de forma vincada, durante a entrevista realizada a Anabela e a Jorge, quando solicitados a descreverem uma aula de Biologia e Geologia:

Eu espero muita matéria, aquela normal... Sim, é uma aula onde nós falamos de muita coisa, ainda por cima na Biologia. A Biologia é muito... muito complexa e, então, há tantos pormenores, tantos pormenores que nós passamos a aula a falar deles! Não digo que... não seja interessante, mas pronto é uma aula cheia, vá lá! E, então, espero, chegar à aula, a stora apresentar um *powerpoint* e, depois, começar a falar da matéria, e fazermos exercícios sobre essa matéria. (EA_AI_69/71);

Eu vou, sento-me e espero que a stora fale e depois tento ver o que é que vamos aprender ou o que é que vamos continuar a falar. E, depois, vou ao livro, como já percebo alguma coisa, vou ver o que é que sei, que é para depois poder responder. (EA_AI_85)

Estas afirmações podem fazer-nos pensar que, para estes alunos, a aula descrita se cingia a um processo de transmissão de conhecimentos com pouca capacidade interventiva da parte deles. Todavia, ambos reconheceram que algumas destas aulas tiveram características distintas das tradicionais:

(1) os alunos tinham alguma autonomia para intervir na aula, para fazer perguntas. Ao fazê-las, tinham por finalidade obter uma resposta direta da professora. Anabela referiu que *"...hoje em dia, nós não sabemos alguma coisa, perguntamos logo, 'tamos habituados a isso e isso não é bom! Não nos faz raciocinar."* (EA_AI_37). Para Anabela, a professora boicotava a expectativa dos alunos, pois utilizava, com frequência, a estratégia

de responder com outras perguntas. Na sua opinião, esta estratégia era benéfica pois permitia colocar os alunos a pensar sobre o conteúdo da pergunta que tinham colocado: *“...quando nós fazemos uma pergunta, a professora não responde diretamente, ela leva-nos... a pensar... ela responde-nos com perguntas. Leva-nos a pensar, por nós próprios, como é que chego a esta conclusão”* (EA_AI_35);

(2) os alunos realizaram tarefas que exigiam a fundamentação de respostas, de posições e de procedimentos, ou seja, eram levados a argumentar. O seguinte excerto da entrevista, referente aos trabalhos laboratoriais realizados, é elucidativo da perspetiva de Anabela em relação a este ponto:

Eu por acaso já perguntei várias vezes, "olha, mas por que.." ou assim a ele [referindo-se ao Jorge, presente na entrevista] ou a alguém que já sabia assim mais ou menos, "mas por que é que nós estamos a fazer isto?", e eles, às vezes, lá me diziam algumas coisas, mas, às vezes, também não me sabiam responder assim muito bem, porque, se calhar, também nunca pensaram! E eu, depois, assim, como é que eu vou conseguir responder à pergunta, se eu não sei por que é que eu tenho que fazer isto. Mesmo, depois, nas apresentações orais dos nossos resultados, nós tínhamos que dizer porque é que fazíamos aquilo e, então, se eu não percebia na altura, eu, depois, não ia perceber, a seguir. (EA_AI_177)

As afirmações de Alcina estão alinhadas com as proferidas por Anabela. Para a professora, os alunos devem ser levados a justificar as respostas que elaboram, quer por escrito, quer oralmente: *“...é uma das coisas que eu tento sempre é pedir-lhes a justificação”* (EP1_AI_203). Para tal, Alcina considerou que as perguntas formuladas, quer nas tarefas, quer nas aulas, devem espoletar os alunos a encontrar as evidências que permitam sustentar as respostas dadas:

É na base do questionamento [*que eu tenho procurado fomentar a argumentação nas aulas*]. Lá está, uma questão, perguntar sempre a resposta à justificação, pedir a justificação, perguntar se concordam, se não concordam, aproveitar muito por aqui, inclusive... isto numa parte, para os por a raciocinar e a interagir, por outro lado, também, às vezes, são questões que eu levo e coloco a questão para eles... argumentarem e falarem, mais uma vez aí, estarão de acordo ou contra... (EP1_AI_166).

Para averiguarmos o ritmo e a natureza do questionamento nas aulas, procedemos a uma análise e categorização das perguntas formuladas pela professora e pelos alunos. A Tabela 48 contém informações relativas ao número de perguntas apresentadas por Alcina e pelos alunos, nas quatro aulas, alvo de análise.

Tabela 48
Número total de perguntas orais colocadas por Alcina e pelos alunos ao longo de quatro aulas

	Aula	Tempo total da transcrição da aula (s)	Nº. total de perguntas da professora	Nº. total de perguntas dos alunos
GEOLOGIA	47	4521	136	39
	48	3276	130	24
BIOLOGIA	87	4635	230	30
	89	5086	180	35
Total		17558	676	128

Esses dados permitem afirmar que, aproximadamente, por cada 5 perguntas colocadas pela professora, os alunos formularam outra, ou seja, a professora formulou cerca de 83% do total de perguntas das aulas. Podemos, ainda, concluir que, em média, a cada 26 segundos foi apresentada uma pergunta por Alcina. Esse intervalo de tempo aumenta consideravelmente para o caso dos alunos: estes fizeram uma pergunta, a cada dois minutos e meio, valor médio aproximado.

Outras conclusões se podem retirar da informação desta tabela:

(1) a aula 87 foi aquela em que a professora colocou perguntas num ritmo mais intenso, pois, em média, foi proferida uma pergunta, a cada 20 segundos. Nesta aula, a professora abordou as reações bioquímicas da fotossíntese, recorrendo à exploração de imagens e esquemas através de um *slideshow*, acerca das quais foi colocando inúmeras perguntas;

(2) na aula 47, a professora fez, em média, uma pergunta a cada 33 segundos, tendo sido aquela em que o ritmo de colocação de perguntas foi menor e com um nível de exigência conceptual mais elevado, como adiante veremos. Nessa aula foram abordadas temáticas de carácter sociocientífico ligadas à prevenção e monitorização sísmica;

(3) o ritmo de colocação de perguntas, pelos alunos, foi, em média, menos intenso na aula 87 e mais acelerado na aula 47. A diferença poderá justificar-se atendendo ao ritmo de colocação de perguntas da professora, na aula 87, que limitou, de certa forma, uma atitude mais questionadora por parte dos alunos que, assumiram preferencialmente, o papel de respondentes, confirmando a perspetiva de Jesus (1991), ao afirmar que “Com um ritmo de questionamento do professor acelerado é quase impossível esperar que os alunos façam mais e coloquem diferentes tipos de perguntas. Eles, simplesmente, não têm tempo ou oportunidade para fazê-lo” (p. 54); por outro lado, a aula 47 foi dedicada a

analisar alguns problemas relacionados com a atividade sísmica e o ordenamento do território da região onde se insere a escola, tendo motivado os alunos a opinar e a levantar algumas perguntas – é de salientar que essa aula, tal como a 89, onde os alunos assumiram um grande protagonismo devido à comunicação do trabalho laboratorial realizado, foram aquelas em que eles enunciaram mais questões.

Em síntese, consideramos que as quatro aulas analisadas assumiram algumas características em termos de padrão de questionamento semelhantes às de outros estudos: um elevado número de perguntas formuladas pela professora, a um ritmo médio de 2 ou 3, por minuto e um reduzido número de perguntas formuladas pelos alunos (Dillon, 1988; Jesus, 1991). Ainda assim, a frequência média de perguntas dos alunos foi superior à referida por alguns estudos mais antigos (uma pergunta por mês ou por semana), como os de Dillon (1998), Susskind (1979) ou Gall (1971) e próxima da de outros estudos mais recentes (Almeida, & Souza, 2009) que apontam, para valores de frequência entre os 19% e os 35% das perguntas formuladas em aulas de ciências. Contudo, importa analisar, também, a natureza das perguntas enunciadas, para compreendermos se foram proporcionadoras de práticas argumentativas.

A Tabela 49 mostra alguns exemplos, de perguntas orais da professora, retirados das transcrições das aulas, categorizadas segundo a proposta de Blosser (2000), a mesma que foi já utilizada no caso Telma. Relembramos que as perguntas foram enquadradas em quatro categorias principais: fechadas, abertas, de gestão e de retórica.

Tabela 49

Sistema de categorização, com exemplos, das perguntas orais da professora (Blosser, 2000)

Categorias de perguntas		Exemplos
Perguntas fechadas	Memória cognitiva	<i>Como é que se chamam esses aparelhos? (A47_AI)</i> <i>Qual será o transportador de energia que este desenho estará a simbolizar? (A87_AI)</i>
	Pensamento convergente	<i>Será que são arenitos? (A48_AI)</i> <i>Como é que o líquido sobe no papel? (A89_AI)</i>
Perguntas abertas	Pensamento divergente	<i>E se realmente ele acontecesse? (A47_AI)</i> <i>O que é que vocês, antes da experiência, tinham pensado? (A89_AI)</i>
	Pensamento avaliativo	<i>Então, e agora, perante tudo isto que foi dito, o que é que vocês acham que será melhor? (A47_AI)</i> <i>Argumenta lá a teu favor. (A87_AI)</i>
Perguntas de gestão		<i>Todos os que fizeram o trabalho, já leram? (A48_AI)</i> <i>És capaz de repetir, outra vez, se faz favor? (A87_AI)</i>
Perguntas de retórica		<i>Vocês habituem-se a escrever em português correto, tá bem? (A48_AI)</i> <i>Há vários tipo de moléculas, não é? (A89_AI)</i>

O resultado do processo de categorização das perguntas orais das quatro aulas, com base na classificação sugerida por Blosser (2000), encontra-se na Tabela 50.

Tabela 50

Distribuição das perguntas orais de Alcina por categorias (Blosser, 2000)

	Aula	Perguntas fechadas		Perguntas abertas		Perguntas de gestão (%)	Perguntas de retórica (%)
		Memória cognitiva (%)	Pensamento convergente (%)	Pensamento divergente (%)	Pensamento avaliativo (%)		
GEOLOGIA	47	4,4	23,5	2,2	5,2	44,1	20,6
	48	6,9	38,5	0	0	35,4	19,2
BIOLOGIA	87	17,8	35,7	1,7	0,4	15,7	28,7
	89	3,9	37,4	12,9	0,6	31,8	13,4
Valores médios		8,2	33,8	4,2	1,6	31,8	20,5

Os dados presentes na tabela anterior permitem confirmar tendências já discutidas nos estudos anteriormente citados, que investigaram padrões de questionamento de professores, em aulas de ciências. Há um predomínio destacado de perguntas de gestão e de perguntas fechadas, salientando-se, neste caso, as de pensamento convergente. Para além destas, salientamos, ainda, as seguintes características:

(1) Em média, mais de metade das perguntas de Alcina enquadraram-se nas categorias perguntas de gestão e perguntas de retórica. Nos outros dois grupos, as perguntas fechadas sobressaem como predominantes nas quatro aulas referidas na tabela, representando, em média, cerca de 34% do total de perguntas formuladas;

(2) De entre as perguntas fechadas, as que mobilizam o pensamento convergente, tendente a encontrar uma resposta única e correta no domínio do conhecimento factual, foram as mais enunciadas pela professora, o que revela a sua preocupação com a apropriação, por parte dos alunos, do conhecimento substantivo abordado nas aulas;

(3) As perguntas abertas não chegaram a representar 6%, do total de 676 que foram enunciadas durante as quatro aulas. Nesta categoria, as perguntas que apelavam ao pensamento divergente estiveram mais presentes no discurso da professora do que as de pensamento avaliativo. Desta forma, as perguntas que mais possibilidades revelam de fazer emergir o discurso argumentativo foram as menos consideradas nas quatro aulas em questão;

(4) A aula 87, das quatro a mais centrada na abordagem de conteúdos conceptuais tradicionais (estudo das reações bioquímicas da fotossíntese), como se pode inferir a partir da elevada percentagem de perguntas de memória cognitiva e de pensamento convergente, foi aquela em que as perguntas de retórica dominaram face às

de gestão. Foi, ainda, a aula em que as perguntas de retórica estiveram mais presentes se compararmos o valor do seu peso relativo com o das restantes três aulas;

(5) A aula 89, na qual decorreu a comunicação e discussão dos resultados do trabalho laboratorial (TA11), foi a que mais se distinguiu quanto à frequência relativa de perguntas direcionadas à mobilização de pensamento divergente; por outro lado, na aula 47, na qual se abordaram problemáticas de natureza sociocientífica, as perguntas envolvendo pensamento avaliativo destacaram-se em relação às de pensamento divergente.

Tal como fizemos para as perguntas da professora, procedemos, também, a um processo de categorização das perguntas dos alunos mas utilizando a classificação proposta por Jesus (1991). A Tabela 51 apresenta o resultado desse processo, com exemplos de perguntas para as diferentes categorias.

Tabela 51

Categorização e exemplos das perguntas orais colocadas pelos alunos de Alcina

Categoria	Exemplo	Frequência relativa (%)
Reforçar a pergunta do professor (repetindo o final)	<i>Porquê? (A89)</i> (Após a professora a professora ter pedido uma justificação de uma resposta dada por um aluno, questionando-o 'porquê')	5,4
Procura de concordância e/ou apoio	<i>Aqui dão-nos a amplitude, certo? (A48)</i>	18,8
Confirmação de 'frações' de informação	<i>Faz seis vezes, também? (A89)</i> (Acerca do número de vezes que ocorre o ciclo de Calvin para produção de uma molécula de glicose)	4,7
Pedidos de informação (perguntas clamando por informação)	<i>Como é que a árvore sobrevive sem folhas? (A89)</i>	11,7
Pedidos de clarificação	<i>Qual eletrão, stora? (A87)</i>	13,3
Perguntas de rotina / Perguntas de gestão de aula	<i>Isto é para entregar quando? (A47)</i> (Acerca da data de entrega do trabalho em grupo – TA8)	46,1

Não foram identificadas perguntas relativas à orientação na identificação ou resolução de problemas, na realização de inferências ou testagem de hipóteses e de orientação em procedimentos experimentais, pelo que não constam exemplos de perguntas destas categorias, na tabela anterior. Isto justifica-se tendo em conta que nenhuma das aulas analisadas se debruçou sobre a planificação ou execução de atividades

laboratoriais ou de campo, que mais facilmente permitiriam o levantamento de perguntas daquela tipologia. Das restantes categorias, destaca-se a relativa às perguntas de rotina/gestão de aula, representando mais de 46% do total de 128 perguntas. Este facto permite inferir que as perguntas enunciadas pelos alunos, nas aulas alvo de análise, foram de baixo nível cognitivo, considerando que na categorização utilizada somente as de orientação na resolução de problemas ou na realização de inferências ou de testagem de hipóteses podem ser consideradas mais exigentes em termos cognitivos (Jesus, 1991).

Podemos, ainda, perceber um certo paralelismo com os resultados da Tabela 50, particularmente, no que se refere: (1) aos valores de frequência relativa de perguntas de gestão e de rotina colocadas por Alcina e (2) à frequência com que foram enunciadas perguntas de baixo nível cognitivo. Estas semelhanças foram, também, encontradas noutros estudos como o de Susskind (1979) ou de Jesus (1991). Esta última autora acentua mesmo que “As semelhanças encontradas entre [as perguntas] [d]os dois grupos (professores e alunos) não foram inesperadas. Esta expectativa baseou-se na presunção de que os alunos aprendem a partir dos seus professores, pelo menos em parte, através do exemplo e imitação” (p. 55). Para a mesma autora, as perguntas dos professores e alunos divergem na sua extensão, na forma como são elaboradas e na sua intenção, verificando-se, também, estas diferenças no presente estudo.

Em síntese, se excluirmos as perguntas relativas à gestão de aula e de retórica, consideramos que o questionamento da professora foi tendencialmente de baixo nível cognitivo, muito centrado no domínio da memória cognitiva e do pensamento convergente, o que remete essencialmente, para respostas específicas de carácter factual. As perguntas dos alunos seguiram uma orientação categorial próxima à da professora, mais direccionadas para a verificação da adequação das aprendizagens conceptuais, também, fundamentalmente de natureza factual, do que para um questionamento de nível cognitivo elevado. Desta forma, a dialogicidade do discurso em aula foi limitada, circunscrevendo as oportunidades para espoletar a argumentação em aula. Com a finalidade de perceber que tipologias de interações discursivas emergiram durante as aulas em análise, procedemos à categorização de sequências interativas nos episódios de conteúdo, tal como já apresentado no caso anterior, recorrendo ao quadro analítico desenvolvido por Mortimer e Scott (2002, 2003), debruçando-nos, fundamentalmente, sobre duas dimensões nessa análise: (1) tipos de padrão interativo e (2) a abordagem comunicativa predominantes nos diversos episódios de conteúdo.

Ao longo dos 107 episódios de conteúdo, foram constituídas 338 sequências interativas distribuídas da seguinte forma: (1) 63, na aula 47; (2) 59, na aula 48; (3) 145, na aula 87 e (4) 71, na aula 89. A aula 87 surge como aquela onde o número de sequências interativas se diferencia das restantes. Tal deve-se ao elevado número de sequências que terminam com uma intervenção avaliativa pela professora, como adiante será mostrado através dos resultados da análise ao discurso das quatro aulas.

Em seguida, apresentamos exemplos das várias tipologias de padrões interativos identificadas, seguindo a linha de categorização apresentada no caso anterior: padrões triádicos (aberto e fechado), sequências estendidas curtas e longas e sequências iniciadas por alunos. Para além destas categorias, tivemos a necessidade de criar uma outra: sequências não padronizadas. Estas sequências correspondem a diálogos em torno de um determinado assunto que, tendo sido iniciados pela professora (característica que os permite diferenciar da categoria sequências iniciadas por alunos), não decorrem da colocação de qualquer pergunta mas antes de afirmações a que, por vezes, se seguem perguntas de alunos, fugindo, desta forma, ao padrão típico de iniciação do professor – resposta do aluno – avaliação ou *feedback* do professor, conforme exemplo seguinte:

- 1 P (Professora) - Ora... Ora, eu tenho só uma coisinha que eu ontem era para vos dizer e depois, na altura, passou-me e sei que não disse. Hum... Falámos em... sismos...
- 2 V (Vasco) - Interplacas e intraplacas.
- 3 P - Sim. Mas, depois, alguém falou na profundidade... do foco do sismo. E eu era para avançar com os três níveis de... de... de sismos, consoante a profundidade e sei que depois não referi. Portanto, sismos superficiais, se o foco... é inferior a 70 quilómetros de profundidade.
- 4 Pa (Paulo) - Sessenta?
- 5 P - Setenta.
- 6 Pa - Só?
- 7 P - Não querem apontar?
- 8 An (Anabela) - Sim.
- 9 P - Intermédios ...
- 10 Pa - Foco... é a menos de 75 quilómetros.
- 11 P - Setenta! Entre os 70 e os 300 são intermédios. Sismos intermédios. Entre os 70 e os 300.
(Pausa) E sismos profundos, mais de 300 quilómetros.
- 12 Ad (Adriana) - É de 70 a 500.
- 13 P - A 300!
- 14 Ad - E depois é mais...
- 15 P - Mais de 300.
- 16 Ad - E é o sismo quê, stora? Profundo?
- 17 P - Profundo. (A47_AI)

Este diálogo, correspondente ao episódio 20, da aula 47, emergiu após a discussão da TA6, sobre monitorização sísmica. Alcina introduziu a classificação dos sismos, quanto à profundidade do hipocentro. A professora iniciou o assunto recorrendo a um conjunto de

afirmações (turno 3) e os alunos procuraram, essencialmente, certificar-se dos valores exatos referidos por Alcina. Na continuidade deste episódio, a professora propôs a realização, em grupo, da TA7, desenrolando-se uma ação sem qualquer relação com a do excerto anterior. O conjunto de turnos de fala apresentado foge ao estabelecido nos padrões interativos que, tradicionalmente, estão presentes em aulas de ciências, pelo que o incluímos na referida categoria - 'sequência não padronizada'.

Os excertos que citamos, em seguida, referem-se às restantes categorias mencionadas. Não identificámos qualquer sequência triádica aberta (I-R-F), pelo que, não será apresentado exemplo deste tipo de padrão interativo.

A - Padrão triádico I-R-A

Na aula 87, a propósito do estudo das etapas da fotossíntese, a professora solicitou aos alunos para responderem a um conjunto de perguntas constantes da TA10, relacionadas com duas experiências cuja finalidade era levar os alunos a compreender que a absorção de dióxido de carbono pelos seres fotossintéticos não depende diretamente da presença de luz e que ele é necessário para formar compostos orgânicos. O próximo excerto enquadra-se na discussão em torno deste assunto:

- 1 P (Professora) – E esse carbono radioativo ficou integrado em que compostos?
- 2 A (Aluno) – Orgânicos.
- 3 P – Nos compostos orgânicos sintetizados na fotossíntese. (A87_AI)

No turno de fala 1, a professora enuncia uma pergunta direta (I), iniciando a sequência interativa. Um aluno responde (R) e Alcina, no turno 3, avalia a resposta dada (A), confirmando a sua validade, ao integrar o termo 'orgânicos' na sua afirmação.

B – Sequências estendidas curtas

B1 – Sequência estendida curta fechada

Durante a aula 87, a propósito da abordagem às reações da fotossíntese, a professora procurou que os alunos relembassem alguns conceitos de química orgânica, utilizados em unidades anteriores. O próximo excerto é um exemplo que ocorreu durante a descrição das reações do ciclo de Calvin:

- 1 P (Professora) – Aqui... a glicose irá dar origem a outros compostos... outros compostos orgânicos, como, por exemplo, aqui, o PGAL vai dar origem à glicose, à frutose, que é um isómero que, por sua vez, vão formar a celulose e o amido, que são micro ou macro?
- 2 V (Vasco) – Micro... macro.

- 3 P – A celulose e o amido? Hã?
- 4 A (aluno) – Macro!
- 5 P – Macromoléculas! (A87_AI)

No turno de fala 1, Alcina remeteu os alunos para os conceitos de macro e micromolécula, pretendendo que os relacionassem com dois exemplos de polissacarídeos: celulose e amido (I). No turno 2, um aluno respondeu (R), de forma titubeante, pelo que a professora no turno 3, procurou reforçar a pergunta colocada em 1 (F), através da menção aos dois polissacarídeos, procurando obter uma resposta cabal por parte dos alunos. Essa resposta surge no turno de fala 4 (R), sendo avaliada por Alcina (A), logo em seguida.

B2 – Sequência estendida curta aberta

Após cada uma das comunicações à turma dos resultados obtidos durante o trabalho laboratorial – TA11 – a professora decidiu dirigir várias perguntas aos elementos dos grupos para esclarecer alguns aspetos não focados, de forma explícita, durante as apresentações. No excerto seguinte, retirado da aula 89, Alcina solicita aos alunos de um grupo que fundamentem a previsão de resultados apresentados durante a comunicação (prevista na pergunta 2.1, da TA11):

- 1 P (Professora) – Hum... Fundamenta.
- 2 Pa (Paulo) – Então, nos tubos 1 e 3 vão afastar mais os pigmentos porque o etanol dilui mais as moléculas e há uma maior distinção depois no papel de filtro, enquanto no 2 e 4, foi os que a gente usou com água, ainda está menos...
- 3 V (Vasco) – Porque a água não...
- 4 Pa – Vai haver uma menor distinção...
- [Pausa]
- 5 P – Hum... Apresenta os resultados, compara-os com a tua previsão. (A89_AI)

Conforme se depreende deste excerto, após a resposta elaborada, de forma colaborativa, entre dois alunos do mesmo grupo, Alcina não fez qualquer tipo de comentário à mesma, tendo decidido prosseguir, avançando para um dos itens da TA11. Assim, após uma iniciação da parte da professora no turno 1, e a proposta de fundamentação construída pelos alunos nos turnos 2, 3 e 4, a professora não teceu qualquer observação avaliativa, tendo iniciado uma nova sequência interativa no turno de fala 5.

B3 – Sequência estendida longa fechada

A segunda componente da TA1, na qual se aborda o conceito de risco sísmico, foi discutida na turma, durante a aula 47. No próximo excerto a professora solicita a uma

aluna que responda à pergunta 2.3., que tinha por finalidade que os alunos analisassem e comparassem situações de risco sísmico das regiões contempladas nas notícias incluídas na primeira componente da mesma tarefa.

- 1 P (Professora) - Depois, "2.3 Tendo em conta as definições apresentadas, as informações disponibilizadas nos textos e as informações obtidas na pesquisa que efetuaste prevê, para cada situação, o risco sísmico associado". Diz, Anabela.
- 2 An (Anabela) - Então, no primeiro... no primeiro... na primeira notícia e na segunda é de elevado risco...
- 3 P - Referente... referente ao...
- 4 V (Vasco) - Sumatra.
- 5 An - Chile e [*impercetível devido ao nível de ruído elevado na sala*]
- 6 P - ... e Sumatra. O que é que consideras?
- 7 An - São de um risco elevado por causa do... da localização que ali perto do... da zona de placas em convergência... e onde está o cinturão de Fogo, onde tem ... um... um elevado número de epicentros.
- 8 P - A probabilidade de ocorrer sismos é elevada! (A47_AI)

Após a resposta inicial da aluna (R), a professora fornece um *feedback* para que a aluna explicitasse as regiões a que se referia no seu discurso (F). No prosseguimento deste *feedback*, Anabela e um outro colega mencionaram o nome das regiões que tinham considerado de elevado risco sísmico (R) e a professora, no turno de fala 6, investiu em nova pergunta, procurando que os alunos desenvolvessem a resposta anterior (F). Nova resposta da aluna surge no turno 7, seguida de uma avaliação da professora (A), que confirma a elevada probabilidade de ocorrência de sismos naquelas regiões.

B4 – Sequência estendida longa aberta

Na continuidade do excerto apresentado em B2, a próxima sequência interativa inclui os mesmos alunos – Paulo e Vasco – tentando responder às perguntas da TA11, após a comunicação oral do trabalho em grupo, relacionado com uma atividade laboratorial.

- 1 P (Professora) - "(...) não te esquecendo de apresentar uma possível explicação para as posições ocupadas pelos pigmentos nos diferentes cromatogramas".
[Pergunta 5 da TA11]
- 2 Pa (Paulo) - Eu já respondi...
- 3 P - Para a posição.
- 4 V (Vasco) - Posição... Os diferentes...se calhar, os diferentes comprimentos de onda, não sei.
- 5 P - Diz... Como é que eles se vão movimentar?
- [Pausa]
- 6 V - Do.... isto agora, temos (*impercetível*)
- 7 P - Qual foi o princípio... da subida...?
- 8 Pa - De baixo para cima?
- [Risos]
- 9 V - Se foi subida, foi de baixo para cima!
- 10 P - Claro.
- 11 Pa - Isto aqui dá para ver tipo, começa primeiro pela parte mais clarinha, depois assim que vai subindo, vai-se tornando mais escuro, mais específico.
- 12 V - Não, não pode ser! Porque aqui assim, o verde é mai... é menos claro que o amarelo.

- 13 Pa - Pois e depois o amarelo é mais específico.
 14 V - Só pode ser esse... cumprimentos de onda...
 15 P - Bem, então, se calhar vamos vendo outros grupos. Vão pensando... nessa situação. Como é que... o que vem aqui na seis... como é que explicam as posições ocupadas pelos pigmentos nos diferentes cromatogramas. (A89_AI)

Ao longo da sequência interativa, a professora foi formulando perguntas ou orientando os alunos para aspetos específicos que gostaria de ver esclarecidos, sem que, no seu discurso, haja qualquer avaliação explícita, das respostas dos alunos. Desta forma, este episódio é encerrado com a passagem de apresentação do trabalho realizado para outro grupo, não tendo Alcina manifestado uma discordância clara com as propostas de explicação dos alunos sobre a posição ocupada nos cromatogramas pelos diversos pigmentos fotossintéticos, ainda que tal se possa supor ao ter solicitado aos alunos para ‘pensarem na situação’. Como consideramos que não há uma desaprovação ou aprovação inequívoca das respostas que foram sendo dadas pelos alunos, classificámos o turno 15, como feedback, classificando a sequência como aberta.

O próximo exemplo de uma sequência interativa iniciada pelos alunos ocorreu durante a aula 48, no episódio 23. Na turma discutia-se sobre a legislação que foi sendo produzida para prevenir as consequências da atividade sísmica. Em dado momento, a professora mencionou a construção da barragem do Alqueva, e a proximidade da sua localização a uma falha ativa (falha da Vidigueira), que poderia originar sismicidade, com a possibilidade de graves consequências, como a destruição da barragem. Um aluno apontou, inicialmente, a possibilidade de inundação nas regiões limítrofes da barragem. Colocou-se, ainda, a possibilidade de, em situação de precipitação elevada durante um indeterminado período de tempo, ser necessário abrir as comportas:

- 1 P (Professora) - Sim, já estão a abrir este ano. Mas quer dizer que está... ainda não atingiu o limite máximo mas está perto. Ora, como o Jorge estava a dizer este... esta água...
 2 J (Jorge) - Pode fazer pressão...
 3 P - ...pressão sobre...
 4 J - ...a estrutura... *[simultaneamente com a professora]*
 5 P - ...os terrenos...
 6 J - ...a estrutura...
 7 P - Exatamente. E pode dar de si e alguma coisa...
 8 J - A estrutura já não 'tá num sítio bom. Com pressão, por cima... pooo.
 9 P - 'Tá? Ora... hum...
 10 C (Carla) - Então, mas isso ia ser... devia ser estudado antes de construírem a barragem!
 11 P - Ora aí está, Carla... não é?
 12 J - Ou foi... ou foi porque havia muito dinheiro envolvido ou foi porque alguém se não fez o trabalho dele.

13 P - Estão a ver? Mais uma situação que nos deixa... a pensar um bocadinho. Certo? (*Pausa breve.*)
[...] (A48_AI)

Tendo em conta o desenrolar do diálogo sobre a questão da barragem do Alqueva (estrutura, localização), uma aluna – Carla – introduz uma nova dimensão, no turno de fala 10, que até esse momento não tinha sido referida – a necessidade de se efetuarem estudos prévios à construção daquelas estruturas. Assim, consideramos que naquele momento se iniciou uma sequência interativa a partir de uma locução da aluna.

Da Tabela 52 constam as frequências relativas das tipologias de padrões interativos relativas às 338 sequências identificadas, nos 107 episódios de conteúdo, das quatro aulas analisadas.

Tabela 52

Frequências relativas dos padrões interativos patentes nos episódios de conteúdo de quatro aulas de Alcina

		Padrões triádicos (%)		Sequências estendidas (%)				Sequências iniciadas pelos alunos (%)	Sequências não padronizadas (%)
				Curtas (4 ou 5 turnos)		Longas (Mais de 5 turnos)			
		I-R-A	I-R-F	Sequência fechada	Sequência aberta	Sequência fechada	Sequência aberta		
GEOLOGIA	Aula 47	31,7	0	14,3	4,8	20,6	4,8	19	4,8
	Aula 48	28,8	0	17	1,7	22	0	23,7	6,8
BIOLOGIA	Aula 87	56,6	0	22,7	0	11,7	2,1	6,2	0,7
	Aula 89	15,5	0	12,7	2,8	15,5	19,7	26,8	7

Dos resultados expressos na tabela anterior, destacamos os seguintes aspetos:

(1) O padrão triádico I-R-A foi o mais frequente em relação aos restantes tipos de sequências interativas. A aula 87, em que a professora explorou as reações bioquímicas da fotossíntese, foi aquela onde aquele tipo de padrão se salientou mais, comparativamente, com as outras três aulas;

(2) Salientamos a ausência de sequências com padrão triádico aberto (I-R-F);

(3) As sequências iniciadas pelos alunos foram, em média, o segundo tipo de padrão mais frequente, devido aos valores expressos para as aulas 48 e 89, tendo representado cerca de 19% do total das sequências interativas;

(4) As sequências fechadas, de padrão triádico e de sequências estendidas, dominaram as restantes, com uma frequência total relativa de cerca de 67%;

(5) A frequência relativa de sequências interativas abertas foi, em média, menor nas aulas 48 e 87. Uma possível justificação para este facto relaciona-se com o terem sido

aulas mais vocacionadas para a aprendizagem ou verificação de aprendizagem de conhecimentos substantivos, ligadas à memorização de factos. Por outro lado, nas aulas 47 e 89, nas quais as perguntas de pensamento divergente e avaliativo foram mais comuns, as sequências estendidas abertas foram mais frequentes;

(6) A aula 89 foi a que revelou conter mais sequências estendidas longas abertas. Estas sequências derivaram, essencialmente, de perguntas abertas que a Alcina remeteu para os grupos que iam efetuando as comunicações dos trabalhos à turma, sem uma intenção clara, da sua parte, de encerrar, nos momentos respetivos, a discussão.

Em síntese, podemos afirmar que as sequências interativas em que está presente uma intenção final avaliadora das respostas dos alunos prevaleceram durante as aulas. Para além deste tipo de padrão triádico, também foram manifestas as sequências estendidas longas, fechadas e abertas, que representaram, em média, cerca de um quarto do total das interações analisadas. Também, as sequências iniciadas pelos alunos tiveram um peso significativo durante as aulas. Estes resultados indiciam que, para além da importância atribuída, no discurso das aulas, à perspetiva científica de descrição e interpretação dos fenómenos, a professora procurou dar algum espaço para que os alunos pudessem expressar as suas ideias e formular as suas perguntas, particularmente, nas aulas em que quer pelos assuntos tratados, quer pela natureza das perguntas enunciadas, aos alunos foi dada maior liberdade para se expressarem. Estes dados parecem ser coerentes com outros, anteriormente apresentados, sobre a participação oral dos alunos. Os resultados relativos aos tipos de abordagem comunicativa patentes nas quatro aulas podem ajudar, também, na caracterização dos aspetos discursivos.

Nas aulas em análise foram identificadas três das quatro classes de abordagem comunicativa previstas nos trabalhos de Mortimer e Scott (2002; 2003). Apresentamos, alguns excertos das aulas de Alcina exemplificativos de cada uma dessas três classes.

A – Discurso não-interativo e de autoridade (NI/A)

A professora, aproveitando uma tabela projetada num *slide* por um grupo de alunos, durante a comunicação à turma dos resultados do trabalho laboratorial, durante a aula 89, relativa à classificação de pigmentos fotossintéticos, sintetiza a informação da seguinte forma:

Ora bem, o que eu dizia há bocadinho era o que eu tinha aqui resumido... clorofilas... ficobilinas, a vermelha a ficoeritrina e há a ficocianina que tem cor azul. Os carotenoides, temos os carotenos com cor alaranjada e as xantofilas, com cor amarelada. Já agora, só para... terminar, se vocês repararem no vosso livro, no cromatograma que aparece lá... é característico

que as xantofilas apare... é característico, eu não sei, também, que planta é que utilizaram, não devemos pôr isto para todos os casos, mas, de uma maneira geral, verificam-se uns amarelos, mas deixo já a referência que depois varia de planta para planta, mas, normalmente, a xantofila aparece... num plano superior à da clorofila 'a'. Esse amarelo que têm aí é a xantofila... Depois, a clorofila 'a' e, por baixo, a clorofila 'b'. (A89_AI)

Este é um exemplo, entre outros, em que a professora transmitiu informações aos alunos, adotando uma perspectiva científica monológica, característica de um discurso de autoridade. Durante estes momentos de síntese, os alunos não intervieram pelo que considerámos esses episódios ou sequências como não interativas.

B – Discurso interativo e de autoridade (I/A)

A abordagem interativa/de autoridade pode ser exemplificada pelas sequências anteriores que terminavam com um turno de fala avaliativo da professora, após diálogo, mais ou menos, extenso com os alunos. O próximo excerto é mais um exemplo deste tipo de abordagem, que ocorre no contexto da 'correção' de um exercício de final de capítulo do manual (TA9). Nele, os alunos deveriam identificar a origem da atividade sísmica em diferentes pontos que constam de uma figura que representa algumas placas litosféricas, com indicação do sentido do movimento dessas placas.

- 1 P (Professora) – Hum... 1.2.2, Ângela. "Em B".
- 2 Ag (Ângela) - São transformantes.
- 3 P - Diz.
- 4 Ag - É transformante.
- 5 P - O quê que é transformante?
- 6 Ag - A placa.
- 7 Pa (Paulo) - O limite.
- 8 P - Então, é o... do que é que se trata? Não é o transformante! Isso em termos de português não é nada, não é? Então, o que é que acontece? Há um...
- 9 Ag - Movimento.
- 10 P - ...um movimento...
- 11 Ag - Das placas.
- 12 P - ...há um deslizamento das placas. É uma falha...
- 13 Ag - Transformante (*tom de voz baixo*).
- 14 P - ...transformante. E esse movimento, também gera atrito, ou não?
- 15 Ag - Sim.
- 16 P - Estás a friccionar pedra com pedra. Gera atrito, que é, exatamente, o responsável pela grande tensão que há nessa zona. Vocês habituem-se a escrever as respostas em português correto, 'tá bem? Não é atirarem as palavras assim, sem se perceber muito bem. (A48_AI)

Este diálogo revela um objetivo claro, da parte dos intervenientes: alcançar a resposta apropriada, do ponto de vista científico, para a pergunta expressa no exercício do manual. A professora, ao pretender que a aluna responda que a origem do sismo na zona

B, da figura, é o movimento de uma falha transformante, vai orientando-a, procurando que ela use a linguagem científica de forma apropriada.

C – Discurso interativo e dialógico (I/D)

Com um objetivo diferente do anterior, a professora usou a abordagem interativa e dialógica quando procurou explorar as ideias dos alunos evitando chegar, somente, a um ponto de vista específico e apropriado do ponto de vista científico. O excerto seguinte, correspondente ao episódio 10, da aula 47, traduz essa intenção, pois o interesse de Alcina centrou-se em ouvir as opiniões dos alunos sobre prós e contras da divulgação da previsão de sismos (pergunta 1, da TA6).

- 1 P (Professora) – Então, primeira questão... "Discuta prós e contras da divulgação da previsão de sismos". Alda, vamos lá...
- 2 Al (Alda) - Então, motivos contra... eu não sei fazer muito bem isto mas... tentei fazer...
- 3 P - Então...?
- 4 Al - Nos contras, meti que era caso os geólogos não acertassem nas datas previstas.
[Pausa]
- 5 P - Segue!
[Pausa breve]
- 6 Al - Mas eu escrevi mesmo isto, era caso os geólogos não acertassem nas datas previstas.
- 7 P - O que é que acontecia?
- 8 Al - As pessoas estavam à espera que acontecesse um sismo, a certa altura, faz de conta que tinham evacuado tudo, e ficavam a perder porque eles se tinham enganado.
- 9 P - É isso o contra! Consideras um contra?
- 10 Al - Sim.
- 11 P - E a favor? O que é pedem aqui? Prós e contras.
- 12 Al - Eu meti que ajudava a minimizar os danos.
- 13 P - Se ele realmente...
- 14 Al - ...existisse.
- 15 P - ...existisse, era vantajoso. Se não existisse, consideravas que era um contra porque as pessoas iam sair...
- 16 D (Daniel) - Mas também era contra...
- 17 P - Ei, calma! Um de cada vez!... iam sair de suas casas e (*impercetível devido a tosse de uma aluna*). Carla.
- 18 C (Carla) - Acrescentei mais umas coisas do que ela disse. No contra, sei lá, se eles dissessem que ia haver um sismo, com aquele determinada magnitude, se não acontecesse as pessoas deixavam de acreditar... acreditar nos cientistas, começavam a chamar-lhes mentirosos e etc., e que inventaram...(*ouvem-se várias vozes simultaneamente*)
- 19 P - Se eles...
- 20 C - Como aquela história do João e do Lobo, que comia as ovelhas e etc.
- 21 P - Se eles previssem um sismo que não ocorresse, as pessoas fossem evacuadas e depois não ocorresse...
- 22 C - As pessoas iam ficar muito chateadas!
- 23 P - Hum... perder a credibilidade científica. (A47_AI)

Como se depreende do diálogo gerado na aula, a professora foi auscultando as opiniões dos alunos sobre o assunto que estava em discussão, não tecendo comentários avaliativos. Os alunos tiveram, assim, oportunidade de partilhar com a turma os seus

pontos de vista, o que contribuiu para a dialogicidade discursiva em determinados momentos das aulas.

A Tabela 53 apresenta os resultados do processo de categorização dos episódios de conteúdo, segundo as quatro classes de abordagem comunicativa (Mortimer, & Scott, 2002, 2003).

Tabela 53

Frequências relativas das classes de abordagem comunicativa identificadas nos episódios de conteúdo de quatro aulas de Alcina

		Classes de abordagem comunicativa			
		NI/A (%)	NI/D (%)	I/A (%)	I/D (%)
GEOLOGIA	Aula 47	4,5	0	68,2	27,3
	Aula 48	4	0	76	20
BIOLOGIA	Aula 87	20	0	70	10
	Aula 89	17,1	0	46,3	36,6

Em 19 dos 107 episódios de conteúdo fizemos corresponder mais do que uma abordagem comunicativa. Dois desses 19 episódios incluem três classes: I/D+I/A+NI/A e aos restantes 17 correspondem 2 classes – I/D+I/A, em 9 episódios e I/A+NI/A, em 8 episódios. Estes dados permitem concluir que a cerca de 82% dos episódios apenas atribuímos uma classe de abordagem comunicativa. Tendo em conta, os resultados expressos na Tabela 53, podemos afirmar que:

(1) A abordagem comunicativa predominante nas quatro aulas foi a interativa e de autoridade, permitindo inferir que grande parte dos episódios de conteúdo destinaram-se a chegar ao ponto de vista científico de descrição e interpretação dos fenómenos, através de um conjunto de perguntas formuladas, essencialmente, pelo professor e de respostas, elaboradas pelos alunos. Em média, esta abordagem foi identificada em 65% dos episódios de conteúdo;

(2) A interatividade discursiva prevaleceu relativamente à não interatividade, considerando que em cerca de 89% dos episódios foi identificada uma abordagem recorrendo a diálogos entre professora e alunos;

(3) A dialogicidade discursiva esteve presente em cerca de 24% dos 107 episódios de conteúdo, pelo que o extremo oposto relativo a um discurso de autoridade foi dominante, ao longo das quatro aulas;

(4) A aula 87 foi aquela onde a abordagem interativa e dialógica menos esteve representada, o que se pode explicar pela natureza da temática trabalhada com os alunos

(reações bioquímicas da fotossíntese). Nessa mesma aula, o peso dos episódios em que a professora usou uma abordagem não-interativa e de autoridade foi superior se comparado com o das restantes aulas;

(5) Na aula onde ocorreu a apresentação e discussão do trabalho laboratorial – aula 89 – o recurso a uma abordagem interativa e dialógica foi mais frequente, correspondendo a cerca de 37% dos 107 episódios.

As quatro aulas analisadas apresentam algumas características que as diferenciam. Por um lado, na aula 87, a professora assumiu um papel muito diretivo e orientador das aprendizagens, por nela ter sido abordada uma temática de elevada complexidade conceptual. Salientamos que o programa da disciplina é claro ao referir que é de evitar “O estudo aprofundado das reações bioquímicas que se processam nas fases fotoquímica e química” (Mendes, Rebelo, & Pinheiro, 2001, p. 80). Contudo, Alcina mencionou que

...há uma certa dificuldade... em perceber o que é que, realmente, é importante, para dominar o processo (...) nós estamos habituados de há muitos anos, não é? Eu vou fazer trinta de ensino... e custa-nos muito separar e ver que ‘então, isto já não é importante e agora...?’. Percebes? (EP2_AI_283).

O estudo do processo fotossintético tem sido um dos conteúdos conceptuais contemplado nos programas de Biologia, ao longo das últimas décadas, ainda que a abordagem de ensino neles sugerida não seja coincidente. Em programas mais antigos, havia uma maior ênfase nos pormenores científicos envolvendo uma série de reações químicas de elevada complexidade, pelo que os professores com mais experiência profissional vivenciaram contextos de ensino em que se valorizava a quantidade do que era ensinado em vez da qualidade do que era aprendido. Na citação anterior, Alcina manifestou, de alguma forma, a sua impotência para alterar a forma de abordagem de ensinar alguns aspetos relativos à fotossíntese, onde se inclui o estudo das reações bioquímicas. Daí que seja com alguma naturalidade que assuma que trabalhar estes assuntos mais complexos, através da argumentação científica, dando mais espaço para os alunos questionarem e, de uma forma dialógica, construírem o seu conhecimento, seja difícil, pois um professor para recorrer a determinadas estratégias e tipos de interação com os alunos, tem de estar muito seguro dos conhecimentos substantivos que possui. Assim, a abordagem comunicativa NI/A e I/A permitiu à professora um maior controlo do conteúdo científico que ia sendo trabalhado em aula, pelo que é justificável que 90% dos episódios da aula 87 se tenham caracterizado por um discurso de autoridade, considerando que a finalidade da aula foi que os alunos apropriassem as ideias científicas.

Por outro lado, na aula 89, os alunos desempenharam um papel central, ao terem comunicado à turma, os resultados do trabalho laboratorial realizado durante a aula 88. Assim, Alcina deu espaço à voz dos alunos, o que favoreceu o discurso dialógico na aula, tendo sido considerados diferentes pontos de vista na tentativa de explicar os resultados obtidos nos cromatogramas. É, portanto, justificável que o valor encontrado para a frequência relativa de episódios com discurso de autoridade tenha sido inferior, se comparado com o das restantes aulas. A professora, contudo, desempenhou um papel relevante na orientação do processo de inquérito ao promover a reflexão sobre o trabalho apresentado, procurando que os alunos explicitassem e justificassem as suas ideias, através das perguntas que foi enunciando. Em aulas com estas características, a aprendizagem é valorizada enquanto processo de participação social (Lave, & Wenger, 1991), considerando que aos alunos é atribuída, em parte, a responsabilidade pela construção interativa de significados e pela persuasão dos pares e da professora acerca da validade das suas interpretações, o que potencia o surgimento de contextos de argumentação.

Alcina considerou que, ao longo do ano, os alunos foram melhorando as suas competências de comunicação, fator essencial para o desenvolvimento da argumentação científica:

Acho que sim [que os momentos de comunicação dos trabalhos à turma são importantes para desenvolver a argumentação científica]. Pelo menos, embora não estejam ainda muito aptos, ainda não analisem muito bem o que estão a dizer com as evidências que têm, eu acho que melhoraram! Porque, no início aquilo era... era o que estava ali e mais nada" (EP2_AI_324).

Com este tipo de atividades de comunicação, a professora tentou envolver os alunos em processos de argumentação, ao considerar que as evidências recolhidas durante a execução dos trabalhos são um elemento fundamental para que os alunos possam apoiar as suas conclusões ou para contraporem outras. No entanto, considerou que esta aprendizagem é lenta e com percalços pois os alunos não estão sensibilizados para o uso de provas, necessárias à justificação dos enunciados científicos.

Nas outras duas aulas – 47 e 48 – em que foram lecionados conteúdos de Geologia, o papel desempenhado pela professora e pelos alunos, assumiu contornos intermédios do anteriormente descrito. Na aula 47, surgiram diversos episódios com uma abordagem interativa e dialógica, com características mais próximas às da aula 89. Na aula 48, Alcina foi mais diretiva, atendendo ao período da aula destinado à resolução de exercícios de final de capítulo, com a finalidade de avaliar as aprendizagens dos alunos. Assim, nessa

aula, as práticas de ensino dialógicas (Alexander, 2006) foram menos evidentes, tendo sido concedido aos alunos um menor controlo sobre as suas aprendizagens, atuando mais como consumidores do que como produtores de conhecimento (Jiménez-Aleixandre, 2008).

4.2.2.3 – A argumentação científica nas aulas

Os alunos foram envolvidos em práticas de argumentação científica, ao longo das aulas das duas unidades didáticas, na opinião de Alcina. Para afiançar esta posição, a professora selecionou três momentos das aulas observadas: dois das aulas de Geologia e um das de Biologia. Ao justificar a escolha realizada na exemplificação dessas situações argumentativas, a professora mencionou que

... os alunos estão a contrapor uma... portanto, num diálogo em que eles contraponham com informações científicas, baseado em algo que interiorizaram, justificando corretamente, eu penso... já considero argumentação, não é? E, depois, levá-los a pensar, 'Mas, e se for de outra maneira?' . E, pronto, eu acho que levá-los a pensar e a raciocinar o porquê das coisas, eu acho que é argumentação... (EP2_AI_65)

Um dos momentos mencionados por Alcina, em relação à unidade de Geologia, refere-se à sequência anteriormente transcrita para exemplificar a abordagem interativa e dialógica. Nessa sequência interativa, a professora questiona os alunos acerca dos prós e contras da divulgação da previsão de sismos (pergunta 1, da TA6). Alguns pontos de vista foram referidos pelos alunos, sem a professora tecer comentários avaliativos, conforme já anteriormente referimos.

O segundo exemplo selecionado, ainda da unidade de Geologia, foi extraído da aula 48, durante a qual se abordaram problemas de ordenamento do território, na região de localização da escola e as suas consequências, em caso de ocorrência de um sismo:

- 1 J (Jorge) - Uma casa pode ser muito segura e pode haver uma racha por baixo dela e tu não sabes nada!
- 2 P (Professora) - Claro.
- 3 J - Um... um... como é que se chama...os lençóis de água.
- 4 P - Exatamente.
- 5 J - Não sabes! [*Dirigindo-se a um colega da turma*]
- 6 P - Mas, oh Jorge, mas isso é uma coisa (*vários alunos falam simultaneamente*), pode não saber, não ter um conhecimento. Agora, aquelas mesmo ali, "plantadas", entre aspas, em cima da arriba, 'tão a ver?
- 7 AI (Alda) - Também temos que ter em conta que as pessoas que 'tão lá, passam férias. É um espaço de dois, três meses.
- 8 P - E?
- 9 AI - E então não pensam nisso!
- 10 P - E? Pois, mas a casa pa' cair...

- 11 M (Miguel) - Não é preciso muito!
- 12 P - ...não é preciso muito. E vocês... já... lembram-se com certeza, que não foi há muito tempo, que na Y [*refere uma localidade*]...
- 13 M - Morreram lá uns espanhóis.
- 14 P - ...que é um bocadinho mais a norte, pronto, que... diz Miguel. É isso...
- 15 Mi - Morreram dois espanhóis...
- 16 Al - Um casal.
- 18 M - ...debaixo das pedras.
- 19 P - Isso foi em que altura do ano? Isso foi em que altura do ano?
- 20 Mi - No verão.
- 21 P - Pleno agosto!
- 22 C (Carla) - Mas isso, eles andavam lá a passear. Isso é diferente!
- 23 P - Não! Estavam na praia...estavam na praia...
- 24 Al - (...) 'tavam lá montes de avisos, as pessoas não fazem caso e põem-se lá na mesma!
[A Carla reage dizendo algo breve, mas impercetível]
- 25 J - Merecia um aviso em espanhol!
- [Risos]
- 26 C - Olha, uma pessoa...
- 27 P - Vá, vá [A Carla fala com um tom de voz exaltado]
- 28 C - ...tu vês um aviso de uma arriba, tu sabes lá se... é só um aviso.
- 29 P - Oh, Carla, mas vamos lá ver. Devemos, ou não, sensibilizar as pessoas? As pessoas devem, ou não, estar todas sensibilizadas? É que nós não podemos...
- 30 M - E no Algarve também aconteceu!
- 31 P - Exatamente! Nós não podemos dizer que ignoramos a lei! E se há o perigo de uma derrocada de uma arriba... agora, aquela zona... por acaso, sabem-me dizer que tipos de materiais são aqueles?
- 32 D (Daniel) - Arenitos.
- 33 P - Arenitos... será que são arenitos? Serão areias?
- 34 C - São argilas.
- 35 P - Argilas. Argilitos. E são... comparem com as areias, em termos de textura...
- 36 C - São mais grossas.
- [Vários alunos falam simultaneamente, ouvindo-se o Dinis a dizer que são "mais finas"]
- 37 P - Que é que é mais grosso, Cátia?
- 38 An (Anabela) - As argilas.
- 39 C - A argila.
- 40 P - Mais fino.
- 41 J - Não! O arenito.
- 42 P - Textura é mais fina.
- 43 J - Areia, argila... tipo pó...
- 44 P - E silte. Exato. Portanto, a argila é mais fininho. Ora, se estiver... saturada de água, rapidamente ela... [Alguns alunos continuam a conversar entre si]
- 45 C - Cai.
- 46 P - ...cai. Se estiver muito, muito seca também...
- 47 An - Cai.
- 48 P - ...com facilidade, ela cai. (A48_Al)

Se, em relação ao primeiro momento referido, a professora justificou a sua inclusão nos episódios referentes a práticas argumentativas porque os alunos foram levados a fundamentar determinadas posições (tipo pró ou contra), utilizando conhecimentos científicos, já em relação ao segundo, frisou que:

Eu penso que estávamos a argumentar. E chamá-los para uma realidade próxima para ver se eles se interessavam pelo assunto. Eu penso que aí que também era com base científica (...) Científico no sentido de ser [*dados*] geológicos, geográficos, científicos nessa perspetiva. (...)

Pronto, concretamente a geografia de X [*refere o nome da localidade*] é assim, a constituição geológica é assim, pronto o próprio trabalho que eu lhes sugeri, não é, com base na geomorfologia deste istmo e disto tudo. (EP_AI_32/40).

Ao analisarmos as transcrições daqueles momentos das aulas e a justificação avançada por Alcina para a seleção efetuada, parece-nos haver algumas dissonâncias. Em ambos os casos, os alunos propõem ideias, algumas delas de pendor especulativo e, acima de tudo, carecendo do uso de provas científicas ou de fundamentos teóricos. A discussão desenrolou-se em torno de problemas sociocientíficos, propícios ao desenvolvimento de competências de argumentação científica (Jiménez-Aleixandre, 2010; Simonneaux, 2001, 2008). Todavia, na nossa perspetiva, no discurso dos alunos está patente, essencialmente, a dimensão social dos problemas que foram abordados quase ignorando a relação com a dimensão científica. Apenas no segundo exemplo, há a tentativa, por parte da professora, de estabelecer algumas conexões entre o conhecimento científico e as perspetivas veiculadas pelos alunos, nomeadamente através da menção à natureza geológica dos materiais que formam as arribas, tendo utilizado termos científicos. Portanto, afigura-se-nos que a justificação da professora relativa ao ‘fundamentar determinadas posições, utilizando conhecimento científico’ não é clara nos exemplos referidos. Porém, na sequência deste segundo momento exemplificativo, e tal como é referido no excerto da entrevista antes transcrito, a professora propôs a realização da TA8, onde se solicitava aos alunos que realizassem um trabalho de pesquisa, com a finalidade de determinarem o risco sísmico da localidade de inserção da escola.

Ao analisarmos os documentos produzidos, verificamos que, na sua maioria, os alunos recorreram a dados retirados das cartas geológica da região, de isossistas e sismotectónica de Portugal Continental, com indicação das principais falhas que atravessam o território nacional. Alguns desses dados foram utilizados para apoiar os enunciados com provas e para sustentar as conclusões que os diferentes grupos registaram nos respetivos trabalhos escritos. Em seguida, apresentamos um pequeno extrato de um dos quatro trabalhos para melhor se evidenciar o que antes referimos:

(...)

Analisando a expressão $RS^{17} = PS \times V \times CE$, podemos concluir que:

- X tem probabilidade de ocorrência de um sismo, visto que está por cima de uma falha. E X é praticamente toda constituída por rocha sedimentar, ou seja, materiais não consolidados, que evidentemente não são o melhor material para uma área de RS.

¹⁷ RS – Risco sísmico; PS – Perigosidade sísmica; V – Vulnerabilidade; CE – Contabilização de perdas económicas.

- A vulnerabilidade de X é bastante alta, pois X tem muitas casas antigas e todas as construções mais recentes não são construções antissísmicas, o que leva a uma grande destruição da cidade, e o número de vítimas será certamente mais elevado, em caso de sismo.

- A X apesar de ser uma cidade, não tem grandes fundos, nem é muito desenvolvida, portanto em caso de RS, com a PS e V bastantes elevadas, os custos seriam bastante elevados.

(...)

Conclusão: Concluimos que X tem um risco sísmico elevado, devido à vulnerabilidade e à perigosidade sísmica ser elevada. E os custos económicos para cobrirem tais danos na ocorrência de sismos serem baixos (MPA_AI_TA8)

Como se demonstra neste excerto, os alunos recorreram à fórmula apresentada na TA1 para analisar, com base em critérios, o risco sísmico da região. Em seguida, procuraram fundamentar a perigosidade sísmica e a vulnerabilidade, a partir de dados geológicos (ainda que com imprecisões científicas, nomeadamente associando os materiais não consolidados ao conceito de rocha sedimentar, em vez de sedimento) e de informações sobre a proteção das construções contra riscos sísmicos (mesmo que não fundamentada). Assim, os alunos procuraram justificar a conclusão final com o apoio de provas, ainda que as mesmas careçam de uma explicitação e avaliação mais clara e aprofundada.

Na generalidade, podemos afirmar que a conclusão dos diferentes grupos foi semelhante: a localidade onde a escola se insere apresenta um elevado risco sísmico. Todos procuraram valorizar o conteúdo científico no processo de análise que permitiu tirar uma conclusão final, através do uso dos dados ou provas já referidos, ainda que com níveis de sucesso variáveis.

Os trabalhos relativos à TA8, que consideramos de elevado potencial argumentativo, não foram, porém, alvo de qualquer apresentação formal, nem de discussão nas aulas, como já anteriormente tínhamos frisado. A professora explicou tal situação afirmando *“Não pensei. Não pensei nisso. (...) Normalmente acho interessante a apresentação dos trabalhos quando eles têm diferenças entre eles. Neste momento, eram os quatro idênticos e penso que estar a rever quatro coisas...[idênticas]”* (EP1_AI_283/285). Ainda que as conclusões a que os quatro grupos chegaram tenham sido semelhantes, Alcina poderia ter explorado outras vertentes que poderiam potenciar o desenvolvimento da argumentação: a validade científica das provas usadas, o papel das provas na sustentação da conclusão final, a relevância que cada grupo atribuiu a diferentes tipos de provas, as fragilidades científicas na construção dos argumentos, a vulnerabilidade das provas a que recorreram, a possibilidade de existência de condições de refutação da conclusão, entre outras.

Contudo, e por não vislumbrar possíveis desacordos iminentes que fomentassem a discussão entre os alunos, Alcina não considerou aquela possibilidade e não atribuiu importância à apresentação do trabalho em aula. Assim, salienta-se a relevância que afirmou conferir à existência do desacordo enquanto elemento facilitador do emergir da argumentação: *“Eu acho muito importante. Assim que eu apanho um a dizer que sim e outro que não, agarro logo os dois porque preciso que eles me justifiquem sempre, lá está”* (EP1_AI_157). Estes momentos de desacordo podem potenciar a argumentação, ainda que os professores tenham de os saber gerir para não caírem numa abordagem simplista em que a discordância se manifesta mas não é explorado o âmago das razões e, portanto, dos argumentos, que poderão nunca ser colocados em confronto.

Tal como tinha previamente defendido durante as entrevistas em grupo focal, Alcina salientou que, para além do papel do desacordo, as provas têm uma importância suprema durante o processo argumentativo, ainda que nas 10 aulas observadas nem sempre tenha sido evidente a explicitação do seu uso. Ainda assim, houve circunstâncias em que tentou que os alunos avaliassem a validade das conclusões por eles construídas, como as que decorreram da análise de resultados de trabalhos laboratoriais. O próximo excerto, da aula 87, constituiu, segundo Alcina, um exemplo de como a discussão sobre as conclusões de uma experiência pode contribuir para promover a argumentação. Inicialmente, uma aluna – a Carla – após solicitação da professora, lê a primeira pergunta da TA10. Esta pergunta tem por objetivo o estabelecimento de uma conclusão, com base em provas. O texto introdutório da tarefa descreve de forma muito breve uma atividade prática e relata o resultado obtido: *“Colocaram-se algas verdes, do género *Chlorella*, num meio contendo dióxido de carbono com carbono radioativo (^{14}C). Verificou-se que as substâncias sintetizadas no decurso da fotossíntese apresentavam radioatividade”* (Matias, & Martins, 2009, p. 94).

1 C (Carla) – ‘O que pode concluir dos resultados da experiência A?’ O dió...o dióxido de carbono intervém na formação da matéria orgânica porque é necessário formar ATP e NADPH, o NAPH, que, juntamente com o dióxido de carbono, na fase química, forma os compostos orgânicos.

2 P (Professora) - Consegues concluir isto tudo da experiência A?

3 C - Sim.

4 A (aluno) - Não.

5 P - Ora, vamos ouvir outra resposta. Alda.

6 Al (Alda) - Ai, devo ter mal.

7 P - Lê lá.

8 Al - Eu pus que ambos os exemplos, não se devia fazer fotossíntese. Para já, as reações fotoquímicas necessitam da luz.

9 P - Desculpa, lê outra vez.

- 10 Al – (*Impercetível*), não se podia fazer a fotossíntese. Por causa das reações químicas que precisam de luz.
- 11 P - Ora, então, vamos lá, rápida... vamos lá... a... a... a experiência A. “Colocaram-se algas verdes do género *Chlorella* no meio contendo dióxido de carbono marcado com carbono radioativo, ^{14}C ”. O que é que aconteceu? Verificou-se que as substâncias sintetizadas no decurso da fotossíntese...
- 12 A (aluno) - Absorvem carbono.
- 13 P - ...apresentavam radioatividade. As substâncias sintetizadas... que substâncias serão estas sintetizadas...
- 15 D (Daniel) - Compostos orgânicos.
- 16 A (aluno) - Glicose.
- 17 P - Compostos orgânicos!
- 18 Pe - O que resulta da...?
- 19 D – (*Impercetível*) destes compostos orgânicos?
- 20 P - Então... o Daniel está ali a dizer que o que se produz na fotossíntese é...
- 21 D - Compostos orgânicos e o oxigénio.
- 22 P - ...e o oxigénio. Então, e o oxigénio tem carbono?
- 23 J (Jorge) - Não.
- 24 A (alguns alunos) - Não.
- 25 P – Não. Então, vai fora. Podemos... Agora para a nossa resposta não interessa, pois não?
- 26 A (aluno) - Não.
- 27 P - Os compostos orgânicos, como por exemplo, a...
- 28 D - CH_2O .
- 29 J - Glicose.
- 30 P - ...a glicose. Tem carbono?
- 31 A (alguns alunos) - Tem.
- 32 P - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Tem carbono. Então, esta vai interessar. Então, reparem...
- 33 Pe - Se é absorvido o carbono radioativo, aquilo que vai sair é carbono radioativo nos compostos orgânicos.
- 34 P - Os compostos orgânicos vão apresentar radioatividade!... (A87_AI)

Este excerto constitui um exemplo da dificuldade que os alunos têm no uso de provas para sustentar conclusões (Kuhn, 2010). Efetivamente, a resposta inicial proposta por Carla extrapola a conclusão que necessariamente deriva dos dados disponibilizados no texto introdutório. A aluna apresenta uma justificação que não decorre dos dados contemplados na tarefa, incluindo a referência a moléculas como o ATP (adenosina trifosfato) e o NADPH (nicotinamida adenina dinucleótido fosfato hidrogenado), que tinham sido designadas pela professora, durante uma explicação anterior que resumia, de forma simplificada, as etapas da fotossíntese. No turno 5, a professora pede a uma outra aluna para apresentar a sua resposta. Contudo, mais uma vez, a proposta não satisfaz a professora, ainda que ela não o afirme de forma explícita. Apenas o podemos inferir, pois no turno de fala 11, Alcina retoma a descrição da experiência, tentando que, através do padrão interativo I-R-A, os alunos alcancem a conclusão esperada. Considerando que a tarefa implicava o uso de provas pelos alunos, consideramos que tal foi conseguido de forma limitada, uma vez que foi Alcina que orientou as respostas dos alunos, para a conclusão desejada, em vez de procurar compreender o que tinha levado as alunas a

elaborar as conclusões que tinham proposto ou a colocar em confronto diversas respostas. Repare-se que as intervenções dos alunos foram, maioritariamente, curtas, limitando-se a três ou quatro palavras por turno de fala (turnos 12, 15, 16, 17, 21, 23, 24, 26, 28, 29, 31). Desta forma, dificilmente se promovem competências de argumentação, considerando que as práticas discursivas dos alunos foram muito orientadas, com pouca oportunidade para aprofundar um discurso exploratório, que permitisse compreender as razões das respostas apresentadas.

Com a análise anterior não procurámos defender a ideia de que nunca os alunos argumentaram durante as aulas. Ao analisarmos as interações ocorridas nas quatro aulas onde nos temos centrado, consideramos que houve momentos em que a argumentação emergiu, onde os alunos usaram dados ou procuraram justificar conclusões a partir de provas obtidas, nomeadamente, através dos trabalhos laboratoriais realizados. Contudo, Alcina selecionou episódios que pouco evidenciaram esta vertente argumentativa nos diálogos. Alguns dados disponibilizados adiante evidenciam que os alunos estiveram efetivamente envolvidos em práticas sociais de avaliação do conhecimento, certificando, deste modo, que ocorreram alguns episódios argumentativos que implicaram complementar ou contrapor ideias, criticar declarações feitas por pares, usar dados para avaliar teorias, hipóteses ou enunciados e avaliar a consistência de dados.

Em seguida, apresentamos exemplos de discurso dos alunos ou de curtas interações que revelam as várias práticas epistémicas identificadas, seguindo a classificação proposta por Tavares (2009). A Tabela 54 contém os exemplos relativos a práticas epistémicas no domínio da produção de conhecimento.

Tabela 54

Exemplos de práticas epistémicas no domínio da produção do conhecimento retirados das aulas de Alcina

Aula / Episódio	Conteúdo temático	Prática epistémica	Exemplo
89/46	Pigmentos fotossintéticos	Problematizar	A (Aluna/o) - Uma pergunta. Se no Outono, as folhas... as árvores deixam cair as folhas, as folhas morrem, certo, e as árvores deixam de poder fazer a fotossíntese, depois como é que a árvore sobrevive sem folhas?
89/37	Pigmentos fotossintéticos	Elaborar hipóteses	A – No tubo 1, nós tínhamos previsto verde-amarelado. No tubo 2, verde intenso. No tubo 3, alaranjado. No tubo 4, amarelo. P – Fundamenta as tuas previsões. Porquê isso? A – Porque nós pensámos que o tubo 1 tinha o verde amarelado porque pensámos que o álcool ia clarificar as clorofilas, mas afinal não ia...

48/5	Intensidade sísmica em Portugal Continental	Utilizar conceitos para interpretar dados	A – A intensidade sísmica no sul de Portugal tem a ver com a localização geográfica visto que Portugal situa-se na placa euroasiática, a sul da falha Açores-Gibraltar e a oeste do Atlântico norte.
89/53	Pigmentos fotossintéticos	Articular conhecimento observacional e conceptual	A – Stora, os carotenoides e os carotenos... P – As xantofilas... A – As xantofilas é este bocadinho aqui também.
89/56	Reações bioquímicas da fotossíntese	Lidar com situações anómalas ou problemáticas	A – Stora, ainda não percebi muito bem porque é que os seis carbonos... da camada, da bicamada fosfolipídica se separam.
48/7	Risco sísmico	Considerar diferentes fontes de dados	A – Eu encontrei um mapa de Portugal, que ‘tava dividido em quatro... sobre a variação [<i>impercetível</i>], ou na zona de Lisboa, Alentejo e Algarve, era zona... digamos, onde havia mais probabilidade de haver maior estrago.
47/15	Previsão sísmica	Verificar a compreensão	A – Mas pode acontecer dentro daqueles cinco meses, não é?
87/14	As fases da fotossíntese	Concluir	A – Não, porque quando as plantas estão no escuro também têm a capacidade de absorver CO ₂ , embora durante pouco tempo.

De entre as práticas epistémicas relacionadas com a produção de conhecimento não foram identificadas duas: planejar investigação e construir dados. Esta situação deve-se às características próprias das quatro aulas analisadas, que não contemplaram a realização, pelos alunos, de trabalho laboratorial. Contudo, podemos assegurar que essas práticas foram desenvolvidas durante as aulas 44 e 88, nas quais os alunos realizaram trabalho prático experimental, tendo recolhido dados necessários à compreensão dos problemas levantados nas respetivas tarefas. Sabemos, ainda, que na aula 91, não observada, os alunos construíram planos experimentais, conforme pretendido na TA12, pelo que estiveram envolvidos num trabalho de natureza aberta que implicava o planeamento de uma investigação.

A Tabela 55 apresenta excertos que exemplificam práticas epistémicas no domínio da comunicação de conhecimento.

Tabela 55

Exemplos de práticas epistémicas no domínio da comunicação do conhecimento retirados das aulas de Alcina

Aula / Episódio	Conteúdo temático	Prática epistémica	Exemplo
47/13	Previsão sísmica	Apresentar ideias próprias	P – Então, e agora, perante tudo isto que foi dito... o que é que vocês acham que será melhor? Correr o risco... A₁ – Eu acho que é preferível avisar as pessoas daquela previsão. É como a questão... A₂ – Do tempo, da meteorologia

89/4	Cromatograma	Negociar explicações	<p>A – Agora, o... a explicação, se calhar, para acontecer esta separação no álcool em vez de acontecer na água, porque... o álcool dilui, consegue fazer com que as... os pigmentos fotossintéticos se separem mais e, então, consegue-se ver várias cores aqui, enquanto a água não consegue fazer tão bem esse trabalho, por isso apenas se vê uma... uma das cores que constitui os pigmentos.</p>
87/16	Ação da luz na fotossíntese	Uso de analogias e metáforas	<p>A – Acho que [<i>a luz</i>] é mais tipo para ativar. P – Para ativar, diz o Paulo. A – É tipo como se fosse um carro, é preciso ‘tar ali um bocadinho a aquecer para poder funcionar como deve ser.</p>

Da lista de práticas de comunicação de conhecimento, não identificámos, somente, qualquer exemplo de uso de simbologia ou de linguagem representacional, uma vez que consideramos que o uso de fórmulas químicas no contexto presente seria a única circunstância a que poderíamos fazer corresponder a prática de linguagem representacional. Contudo, tratando-se de um contexto no qual o uso de algumas fórmulas químicas se tornou habitual e com uma função instrumental no discurso dos alunos, decidimos não considerá-lo no âmbito da referida prática.

As práticas de avaliação do conhecimento, mais relacionadas com a argumentação, estão exemplificadas na Tabela 56.

Tabela 56

Exemplos de práticas epistémicas no domínio da avaliação do conhecimento retirados das aulas de Alcina

Aula / Episódio	Conteúdo temático	Prática epistémica	Exemplo
47/33	Risco sísmico	Complementar ideias	<p>A₁ – É elevado [perigosidade sísmica] mas o risco sísmico até é baixo por causa da vulnerabilidade. P – Exatamente. A₁ – Porque tem... edifícios antissísmicos. A₂ – E também por causa do... dos custos económicos. Também já... já têm... já é, assim, um país um bocado mais desenvolvido...</p>
48/16	Ordenamento do território e risco sísmico	Contrapor ideias	<p>A₁ – Se calhar, as pessoas são enganadas pelos construtores! [<i>Devido aos perigos iminentes de derrocada de casas construídas sob arribas</i>]. A₂ – Enganadas, não! A₃ – As pessoas têm olhos na cara!</p>
48/9	Relação entre intensidade sísmica e materiais litológicos	Criticar outras declarações	<p>A₁ – No sul de Portugal, na zona costeira, a intensidade é maior devido às rochas sedimentares que são mais densas e...consolidadas. A₂ – Não! São menos consolidadas! A₃ – Exatamente.</p>

89/32	Cromatograma	Usar dados para avaliar teorias/hipóteses/enunciados	A – Através deste trabalho prático realizado, pôde-se observar, com alguma clareza, os diferentes pigmentos presentes nas células dos seres fotossintéticos. Quando o papel de filtro tocou no filtrado, as soluções de pigmentos ascendem pelo papel e pudemos observar várias colorações de verde, roxo, amarelo e alaranjado. Os solventes usados sobem por capilaridade conforme são... são, mais ou menos solúveis.
87/12	Etapas da fotossíntese: a absorção de CO ₂	Avaliar a consistência de dados	A – Sim, porque sem a luz não há obtenção de CO ₂ , porque aqui no... no... no quadro está uma hora de exposição em que a quantidade de CO ₂ incorporado é constante, uma vez que depois, na escuridão essa quantidade diminui. P – Mas, ainda houve incorporação de CO ₂ . A – Sim, mas por pouco tempo!

Decorrente do processo de identificação de práticas epistêmicas das quatro aulas analisadas, utilizando os mesmos princípios descritos para o caso Telma, elaborámos a Tabela 57, que inclui as frequências absolutas simples referentes a cada uma delas, agrupadas segundo categorias de práticas sociais: produção, comunicação e avaliação do conhecimento.

Tendo por base os dados agora apresentados, salientamos as seguintes características relativas às práticas epistêmicas das aulas em referência:

(1) As práticas de produção de conhecimento prevaleceram sobre as de comunicação e avaliação. Contudo, se considerarmos estas duas últimas em conjunto, elas assumem um peso de cerca de 53%, o que traduz algum equilíbrio entre elas e as práticas epistêmicas de produção de conhecimento;

(2) A avaliação do conhecimento foi o segundo tipo de práticas epistêmicas mais frequentes (27,8%) nas aulas analisadas, ainda que seguidas de perto pelas de comunicação de conhecimento (25%);

(3) De entre as práticas epistêmicas no domínio da produção de conhecimento menos frequentes, encontram-se ‘elaborar hipóteses’, ‘lidar com situações anómalas ou problemáticas’ e ‘considerar diferentes fontes de dados’. A primeira delas esteve presente, fundamentalmente, nas aulas em que os alunos realizaram trabalho laboratorial;

(4) Os alunos, também, usaram raramente analogias e metáforas e, apenas, em três circunstâncias avaliaram a consistência dos dados;

(5) ‘Apresentar ideias próprias’, ‘verificar a compreensão’ e ‘problematizar’ foram as três práticas epistêmicas mais frequentemente no discurso dos alunos;

Tabela 57

Frequências absolutas de sequências /excertos das aulas de Alcina, quanto ao tipo de práticas epistêmicas explicitadas no discurso dos alunos (A – práticas sociais de produção do conhecimento; B – práticas sociais de comunicação do conhecimento; C – práticas sociais de avaliação do conhecimento)

A										B			C				
Práticas epistêmicas		Problematizar	Elaborar hipóteses	Utilizar conceitos para interpretar dados	Articular conhecimento conceptual e observacional	Lidar com situações anômalas ou problemáticas	Considerar diferentes fontes de dados	Verificar compreensão	Concluir	Apresentar ideias próprias	Negociar explicações	Uso de analogias e metáforas	Complementar ideias	Contrapor ideias	Criticar outras declarações	Usar dados para avaliar teorias/hipóteses/enunciados	Avaliar a consistência de dados
GEOLOGIA	Aula 47	1	--	1	2	--	--	5	3	7	2	1	5	1	1	2	-
	Aula 48	1	--	3	--	--	1	4	1	3	--	--	--	2	3	1	-
BIOLOGIA	Aula 87	2	--	1	--	--	--	1	4	3	1	1	2	1	--	1	1
	Aula 89	7	3	2	2	2	1	3	1	3	5	1	2	1	1	4	2
Total		11	3	7	4	2	2	13	9	16	8	3	9	5	5	8	3

(6) De entre as práticas sociais de avaliação do conhecimento, as mais mobilizadas pelos alunos foram ‘complementar ideias’ e ‘usar dados para avaliar teorias/hipóteses/enunciados’;

(7) As aulas 47 e 89 foram aquelas em que identificámos maior quantidade de instâncias ou sequências relativas a práticas epistêmicas. Foram, ainda, as aulas onde elas foram mais diversificadas;

(8) O uso de provas para avaliar teorias/hipóteses ou enunciados foi identificado, sobretudo, na aula 89, de comunicação dos resultados do trabalho laboratorial relativo à identificação dos principais pigmentos fotossintéticos.

Foi, também, ao trabalho experimental que os alunos se referiram, durante a entrevista, ao salientar o papel que diferentes atividades podem ter no desenvolvimento da argumentação científica. Segundo Anabela e Jorge, esse tipo de trabalho exige-lhes

pesquisa e organização de dados, devendo os alunos explicar como chegaram a uma conclusão: *“Temos que explicar isto deu... isto assim é correto, e porque é que aquilo não é correto. Então, temos que explicar”* (EA_AI_264). Jorge referiu que a argumentação está presente no trabalho laboratorial pois para ele é *“Como uma mini-tese... Isso, também, é bom por isso”* (EA_AI_265), em que um aluno tem de defender as suas ideias. Assim, para estes alunos, argumentar é sinónimo de organizar, pensar, pesquisar, defender ideias. A maioria dos alunos da turma associou estas e outras palavras como provas/dados, opinião e argumento ao conceito de argumentação, tendo elegido a realização de trabalho laboratorial e a discussão de assuntos científicos polémicos como as atividades mais adequadas para argumentarem nas aulas de Biologia e Geologia. Na justificação para tal seleção encontramos afirmações como as seguintes: *“Nas atividades laboratoriais temos que tirar conclusões, e estas não surgem do nada, tenho de me explicar – argumentar”* (QA.2); *“Escolhi esta opção porque é necessário explicar, dialogar e expor a nossa opinião sobre os assuntos científicos polémicos”* (QA.4). Todos os alunos consideraram importante que a professora tenha proposto atividades para os implicar na argumentação científica, pois *“assim temos oportunidade de expor a nossa opinião”* (QA.1), *“porque nos obriga a puxar pela cabeça”* (QA.5) ou, ainda, *“porque obriga-nos a pensar, a raciocinar e a interligar as matérias. Mostra também os meus conhecimentos e com certeza com as opiniões da professora e dos meus colegas vou ficar com uma ideia muito mais rica e fundamentada”* (QA.8). Durante a entrevista, Jorge valorizou, de forma enfática, a necessidade de desenvolver a argumentação, também devido à sua importante função social, ainda que tenha reconhecido que nem sempre os cidadãos sabem argumentar, de forma adequada, tendo Anabela corroborado as palavras do colega:

J (Jorge) - ...isso é como ler e escrever. Toda a gente devia de saber fazer porque toda a gente tem direito a sa... por exemplo, há pessoas que quando... isto aqui é um mau exemplo, mas... quando vão votar, não sabem em quem votar porque não... não tiveram.... Não foram ‘instituídas’ devidamente, quando eram...

[...]

An (Anabela) – Sim, têm uma opinião e perguntam ‘porque é que tens essa opinião?’, ficam [em silêncio] (EA_AI_273/276).

Apesar da importância que atribuíram às práticas de argumentação científica, somente oito dos 14 alunos descreveram uma situação onde consideraram ter argumentado, durante as aulas observadas; dois dos alunos não responderam e quatro indicaram que não se recordavam de qualquer episódio em que se tivessem envolvido na argumentação

científica. Os restantes alunos mencionaram situações diversas como as tarefas desenvolvidas sobre o risco e a previsão sísmica, nomeadamente, o trabalho escrito sobre a avaliação do risco sísmico da localidade de inserção da escola ou, ainda, os trabalhos laboratoriais realizados.

Quando confrontada com o número de alunos que não apontaram episódios argumentativos das aulas, Alcina considerou que o mesmo se poderia justificar devido a desconhecimento dos alunos acerca do significado do termo ‘argumentação’, o que parece ser contrariado pelas respostas do questionário, já focadas anteriormente. Para além da razão mencionada, na opinião da professora, uma outra pode emergir como segunda justificação provável: os alunos têm pouca consciência do valor das provas na construção do conhecimento científico e se uns as usaram, em algumas tarefas das aulas, “...outros basearam-se mais no «parece que»” (EP1_AI_383). Esta opinião da professora, encontra alguma sustentação nas palavras de Anabela, durante a entrevista:

Não, por isso é que nós, às vezes, temos o problema que a stora diz que os nossos trabalhos 'tão pela nossa cabeça e não pode ser. E nós, temos que ir aos recursos, nos trabalhos dos períodos. Isso aconteceu-me neste último. Tínhamos que fazer uma relação entre o transporte membranar e a manutenção da integridade celular, e eu vi o que é que era cada um, e eu relacionei. E a stora disse "não, não pode ser, não tens referências bibliográficas, não podes afirmar que é assim!". E, então, pronto, tive que ir fazer uma pesquisa, e encontrar quem dissesse que... que houve alguém que disse aquilo, que chegou lá! ... Mas, normalmente, não faço isso. (EA_AI_438).

Sobre o papel que as provas desempenharam no processo de ensino que foi desenvolvendo ao longo das aulas, Alcina teceu várias considerações durante as duas entrevistas. No final da primeira unidade, referiu que os alunos tiveram várias oportunidades para argumentar com base em provas, como no contexto de avaliação do risco sísmico em função do ordenamento do território. Contudo, como já referimos, o uso de provas não foi uma das características fundamentais desse ou de outros episódios. Alcina concordou que, frequentemente, os professores recorrem a uma vertente retórica, pouco fundamentada, do conhecimento: “*Assumimos assim e assim... e pronto, lá está!*” (EP1_AI_211). De acordo com a professora, a retórica está presente em várias situações de aula, sem que os professores se apercebam. Um dos casos paradigmáticos relaciona-se com o trabalho laboratorial. Alcina usou o episódio anteriormente apresentado para exemplificar um contexto argumentativo durante as aulas de Biologia para afirmar:

...e quando a Carla me responde aquilo, eu automaticamente eu lembrei-me daquele exemplo e de outros que há, não é, quando se vê as bolinhas das algas, a saírem aquelas bolhas... "ai é o oxigénio, é o oxigénio". Pronto. Mas, acho que nós temos um bocado, e os miúdos dizem isso...

só posso concluir que somos nós que lhes damos esta indicação! Sem querer, muitas vezes. Mas, a primeira coisa, não é, no caso, por exemplo, da alga que eu dei, "Ai o oxigênio a libertar" (risos). Se calhar, somos capazes de dizer isto, por convencidos que estamos, mas eu acho que isto está mal! Dar, logo, esta indicação aos miúdos. (...) Portanto, devemos dizer que ou perante A mais B, ou por outros... ou por qualquer outra coisa, mas não a evidência, logo ali, de que " 'tá aquelas bolinhas a sair, é o oxigênio" ou que a maçã está a ficar escura, é o etileno. (...) Muita coisa houve que nos permite, agora, dizer isso. Mas, eu acho que num processo educativo ou de lecionação, devemos ir aos poucos para os alunos também perceberem, e construírem o seu conhecimento aos poucos. Não é chegar, 'tá dito, acabou, não se questiona mais porque 'tá dito e é assim, não é? Já não basta, quando eles nos perguntam "porque é que o nome daquela planta é assim?", que é o nome científico e a gente não sabe dizer porquê, não é (sorrisos). Agora, nestes casos acho que... que se deve puxar por eles e pronto. (EP2_AI_38/46).

Com estes comentários, Alcina quis frisar a necessidade do professor romper com práticas enraizadas e tradicionais, de transmissão de conhecimento, sem dar lugar ao questionamento, ao ceticismo e à análise da validade das provas. Esta mesma validade nunca foi, aliás, questionada, nem pela professora, nem pelos alunos, conforme a própria Alcina confirmou: *"Aí [a discussão do valor das evidências para a construção do conhecimento] acho que não. Considero que não [teve lugar nas aulas]"* (EP1_AI_377). Mesmo as práticas epistémicas envolvendo os alunos na avaliação da consistência dos dados com teorias ou hipóteses foi meramente ocasional. Estes resultados vêm, de certa forma, apoiar uma das conclusões do estudo desenvolvido por Zembal-Saul e colaboradores (2002) que refere terem os professores dificuldades em envolverem-se na argumentação e em produzir argumentos de boa qualidade, cingindo-se a maioria a estabelecer relações entre dados e conclusão e, em alguns casos, limitando-se a articular essa relação através de uma justificação.

4.2.2.4 – Perspetivas veiculadas de ciência e argumentação

Tendo em conta que as tarefas foram construídas/utilizadas, na sua maioria, tendo o objetivo de promover a argumentação dos alunos sobre assuntos científicos, Alcina referiu que, através delas, os alunos se poderiam ter apercebido do papel da argumentação na edificação do empreendimento científico. Ainda assim, mencionou que não podia assegurar que os alunos tivessem estabelecido essa ligação entre ciência e argumentação: *"eu... aqui é muito subjetivo! Eu acho que sim, ou, pelo menos, vou tentando dizer que sim, mesmo (...) Agora, se realmente... [se se apropriaram dessa relação]"* (EP2_AI_357). Para que tal se concretize, na opinião da professora, pode ser necessário utilizar, de forma explícita, a palavra 'argumentação', para que os alunos

possam tomar mais consciência da sua importância na construção do seu próprio conhecimento, o que foi concretizando em algumas aulas:

Desculpa, utilizando mesmo a palavra! Lá está, porque a gente argumentava mas... pedir mesmo ao aluno, concre... em vez de dizer, justifica, [*dizer*] argumenta, para ele também tomar consciência, não é, porque nós justificar, justificamos sempre e... estamos a argumentar, não é? Mas, depois, exatamente, para não cair, depois, naquela questão como os alunos... responderam mas não se lembram de nada que tenha sido argumentação. Percebes? Eu penso que, se calhar, aplicarmos, também, a palavra, pode fazer lá... um *click* na...na cabecita deles... (EP2_AI_439).

Analisando as transcrições das 10 aulas observadas, não identificámos qualquer instância onde, de forma explícita, Alcina tenha estabelecido qualquer relação entre argumentação e construção do conhecimento científico. Tal como a professora salientou na citação anterior, o termo foi usado com a finalidade instrumental de promover a aprendizagem através da argumentação.

Porém, ao analisarmos as respostas dos alunos à pergunta 11 do questionário – 'Consideras que a argumentação faz parte da atividade científica? Porquê? – verificámos que 13 responderam afirmativamente, enquanto uma aluna registou ter dúvidas nessa relação, sem contudo ter justificado a sua resposta. Algumas das justificações apresentadas por outros alunos foram: "Só quando argumentamos e vamos à procura do porquê das coisas é que a ciência avança" (QA.2_AI); "A argumentação é a maneira de demonstrar como algo acontece e porquê, mediante estudos e observações feitas" (QA.3_AI); "Para explicarem o seu ponto de vista e persuadir os outros a aceitar as suas respostas" (QA.4_AI); "Para haver trocas de opiniões entre os cientistas até chegar à verdadeira conclusão" (QA.6_AI); "Porque para criarem teorias cientificamente corretas em vários aspetos, têm de argumentar as suas opiniões, de uma forma que faça sentido, sejam racionais" (QA.7_AI). Na entrevista, Anabela e Jorge corroboram estas opiniões dos colegas. Por um lado, Jorge referiu que "*É o que eles [cientistas] fazem a vida deles toda!*" (EA_AI_292); já, Anabela apresentou uma justificação mais longa, para defender a sua opinião:

Claro, para... quando começam achar que estão no bom caminho, vá lá, a descobrir novas coisas, as pessoas vão... não vão acreditar logo neles! Eles têm que primeiro dizer porquê que é assim! O que é que eles fizeram para chegar a isto, para... eles têm que argumentar porque senão as pessoas 'Ah, 'tá bem, sim. E, agora, chegas aqui dizes qualquer coisa que queres, não é bem assim' (EA_AI_293).

Os alunos consideraram o papel da argumentação enquanto componente do processo de comunicação em ciência (Lemke, 1997), valorizando, desta forma, a sua

dimensão social, em detrimento da dimensão cognitiva e estrutural. Tal pode ficar a dever-se, em parte, ao facto de terem comunicado à turma, os resultados experimentais que obtiveram em dois trabalhos executados durante a unidade de Biologia. Assim, para os alunos, o conceito de argumentação em ciência corresponde a uma forma de comunicação que os cientistas utilizam para persuadir os outros (sociedade) acerca das ‘descobertas’ científicas, através do uso de argumentos racionais, o que contribui para asseverar a veracidade do conhecimento científico. Nesta noção está omissa, porém, a argumentação enquanto prática científica que permite a escolha de determinados modelos explicativos e não de outros, através do uso de provas ou a eleição de uma determinada teoria explicativa de um fenómeno em detrimento de outras (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Considerando os estudos que têm vindo a mostrar a influência que as concepções acerca da natureza da ciência podem desempenhar sobre o envolvimento de alunos e professores na argumentação (Kuhn, & Reiser, 2006; McDonald, & McRobbie, 2012), vamos descrever alguns aspetos das aulas de Alcina, através de duas categorias de análise coincidentes com as do caso anterior e já abordadas, também, nos resultados referentes às entrevistas em grupo focal: (A) natureza do conhecimento científico; (B) produção do conhecimento científico.

A – Natureza do conhecimento científico

Ao longo das aulas, Alcina foi referindo algumas características do conhecimento científico, tendo salientado a sua provisoriedade e mutabilidade, tal como havia já mencionado no grupo focal. Contudo, nunca discutiu de que forma o conhecimento vai sofrendo mudanças, ainda que as suas palavras possam indiciar uma epistemologia continuista (Pombo, s.d.), por omissão a momentos de crise e de mudança paradigmática (Kuhn, 2009), e cumulativista, por considerar que os acréscimos de saber vão aproximando, ao longo do tempo, o conhecimento científico de uma suposta verdade ou realidade. A próxima transcrição pretende evidenciar, em parte, o que acabámos de referir, quando Alcina durante a aula 43, abordou o conceito de sismo:

Agora, temos que pensar que esta definição... não... não existe, assim, há muito tempo, muitos séculos, ao longo do conhecimento, não é? O conhecimento vai-se construindo e é interessante vocês também terem a noção das dificuldades... para o avanço da ciência, porque o conhecimento não foi sempre o que temos agora. (A43_AI)

Esta epistemologia cumulativista aprofunda, a nosso ver, uma outra característica de raiz positivista: a pretensão de que a ciência, os cientistas e o conhecimento produzido

são manifestamente objetivos. Alcina defendeu que nem sempre se pode conceder esse atributo à ciência, contrariando o que foi assinalado por 11 alunos da turma, no questionário. Uma larga maioria defendeu que a neutralidade e objetividade são características dos cientistas (alínea F, do item 14 – Apêndice XIII). Consideramos que o nível elevado de respostas dos alunos naquele sentido é justificável se atendermos a que os contextos de abordagem dos assuntos científicos tiveram, fundamentalmente em conta...

...as crenças consensualizadas, ocultando as controvérsias e esquecendo as crenças que não tiveram êxito, as quais também desempenham um papel determinante na contrastação das teorias científicas. (...) Dessa forma, desaparecem as crenças perdedoras e só ficam as vencedoras, produzindo uma imagem deformada que, de certeza, não corresponde à génese histórica do conhecimento científico (Vázquez, Manassero, Acevedo, & Acevedo (2008, p. 43).

A professora mostrou alguma surpresa pela tendência de resposta dos alunos, não tendo encontrado uma razão perentoriamente explicativa do valor referido. Em seguida, transcrevemos o excerto da entrevista em que questionámos Alcina sobre o assunto em análise:

335/337 P (Professora) – Mas, eu acho que o cientista tem que estar... e pelo menos nós falámos disso tudo, admiro-me deles terem respondido assim. O cientista tem que estar a par de... estão fechadinhos, objetivos, e, às vezes, nem sempre é objetivo, não é?! (...) Pois, não estava à espera que considerassem que os cientistas eram assim tão...

338 I (Investigador) – Mas, porquê? Tu achas que há alguma coisa, em termos de sala de aula, da tua ação ou de coisas que vocês discutem que os levaria a responder de forma contrária?

339 P - Sim, nomeadamente em que as experiências, que vamos aprendendo todos uns com os outros, às vezes, umas experiências influenciam outro campo de investigação e tem que haver... não sei se 'tou a interpretar mal, mas tem que haver uma interligação e, às vezes, a objetividade também não é assim tanta, portanto, surpreende-me que eles tenham achado assim ou tenham concordado tanto, só se eles não entendem... (EP2_AI).

Encontramos neste excerto alguma dificuldade da professora em expressar, com clareza, o seu ponto de vista. A professora, inicialmente, referiu que estes assuntos relacionados com a natureza do conhecimento científico já teriam sido referidos nas aulas (“...pelo menos nós falámos disso tudo...”) para depois mencionar que a aprendizagem colaborativa, através da realização de trabalho experimental, também seria uma forma de os alunos construírem uma imagem de ciência menos tradicional, nomeadamente no que ao atributo em causa diz respeito. Contudo, talvez ao aperceber-se da fragilidade destas justificações, rematou a sua resposta afirmando “... e, às vezes, a objetividade também

não é assim tanta,...”, para reforçar a sua opinião inicial. Desta forma, a professora não referiu que sendo a ciência uma prática eminentemente social e cultural, o trabalho científico é teoricamente orientado e influenciado por normas que refletem um conjunto de compromissos dos cientistas, com fundamentos históricos, sociais e epistemológicos, para com a comunidade de prática em que se movimentam (Latour, & Woolgar, 1997), o que permite consubstanciar a ideia de que o trabalho empírico e a interpretação de resultados não são totalmente objetivos, estando condicionados por crenças e interesses pessoais e da própria comunidade científica. Para limitar enviesamentos, a ciência socorre-se de processos de escrutínio crítico e negociação entre pares que procuram credibilizar o conhecimento produzido.

Uma outra vertente abordada por Alcina nas aulas foi a das relações entre conhecimento científico e tecnológico. De acordo com a sua intervenção na aula 44, o avanço tecnológico condiciona o progresso do conhecimento científico:

Pronto, isto era só para terminarmos aquela primeira parte e ficarmos com uma ideia de que realmente para se construir ciência, não é assim num ápice que as coisas aparecem, não é? E ao longo dos tempos, a ciência está muito... virada para o resto da sociedade, para as crenças, para o desenvolvimento tecnológico, para toda a sociedade. Nesta altura, pois não tínhamos... tecnologia suficiente, também, para saber muitas das coisas que sabemos hoje. (A44_AI)

A professora atribuiu à tecnologia um papel instrumental, predominando a noção de que a capacidade da ciência progredir está limitada aos avanços tecnológicos. Como referem Fontes e Silva (2004), apesar de muitos reconhecerem o carácter provisório da ciência, pensam “...que as mudanças ocorridas se ficam a dever a uma acumulação de conhecimento conseguida com o aparecimento de novos instrumentos técnicos” (p. 34), ideia que, segundo as autoras, é frequente entre os alunos e de validade duvidosa.

Alcina considerou, ainda, a existência de uma relação de subordinação da tecnologia face à ciência, uma vez que os avanços no conhecimento têm contribuído para “a construção de tecnologia a bem da nossa sociedade” (A43_AI). Por um lado, esta posição da professora pode ser sustentada pelos avanços tecnológicos, por exemplo, da indústria elétrica, desde o século XIX, da biotecnologia e de outras tecnologias modernas associadas à medicina, engenharia e agricultura, fortemente relacionadas com os progressos da ciência académica, durante os séculos XX e XXI; por outro, há tecnologias que emergiram e se desenvolveram sem recurso a conhecimento científico, de que se destacam as técnicas associadas à metalurgia e à exploração mineira com origens “nas brumas da antiguidade, e que continuam a ser alargadas e melhoradas por artesanato

inventivo e desenho criativo” (Ziman, 1984, p. 114). Ainda assim, tecnologias como as mencionadas acabaram, posteriormente, por “desenvolver as suas respetivas ‘ciências’ para orientar futuros progressos técnicos” (Ziman, 1984, p. 114).

Mais um aspeto que merece ser sublinhado é a imagem positiva que a professora procurou transmitir da ciência e da tecnologia, próxima de posições cientificistas ou tecnocráticas (Vázquez, Manassero, Acevedo, & Acevedo, 2008). Ainda que enfrentando limitações e dificuldades, a tecnologia, construída a partir da aplicação do conhecimento científico, tem sido benéfica para a sociedade, conforme consta da citação anterior da professora. Efetivamente, segundo aqueles autores, a ciência e a tecnologia têm contribuído para moldar as atuais sociedades desenvolvidas, através da melhoria de sistemas de comunicação, de transportes, de energia, de alimentação, de saúde e bem-estar social. Contudo, há o reverso da medalha. Alcina omitiu que o progresso do conhecimento tecnológico também anda associado, por exemplo, ao desenvolvimento da indústria bélica ou que tem contribuído ativamente para degradar as condições de vida na Terra, com enormes responsabilidades nos desequilíbrios ecológicos do planeta, o que permite contrariar a ingénua ‘bondade’ referida. No entanto, é de frisar que se os cientistas e técnicos têm contribuído para o agudizar de problemas ecológicos, fazem-no “...em conjunto com economistas, empresários, e trabalhadores. As críticas e as chamadas à responsabilidade devem estender-se a *todos*, incluindo os “simples” consumidores de produtos nocivos” (Cachapuz et al., 2005, p. 43, *itálico no original*). Contudo, nenhuma destas perspetivas foi alvo de abordagem durante as aulas observadas.

Para além das relações entre conhecimento científico e conhecimento tecnológico, Alcina mencionou, ainda, relações entre a tecnociência e a sociedade, quando na aula 43 se dirigiu aos alunos, afirmando:

E.... para a sociedade, isto [os avanços científicos e tecnológicos] é extremamente importante e, não se esqueçam depois, outra coisa que falta aqui, não é? Também é preciso que a sociedade, nomeadamente, a parte política, a que controla os custos, também dê o tal dinheirito para a ciência e a tecnologia poderem avançar, não é? Não se esqueçam disso. (A43_AI)

Esta explicitação da relação tecnociência-sociedade é relevante, uma vez que permite que os alunos possam desenvolver a ideia de que a sociedade controla as linhas de investigação científica, através de financiamentos destinados a determinados projetos e não a outros. Este controlo, nas palavras de Alcina, é concretizado através da ação do poder político. Todavia, outras entidades, públicas ou privadas, exercem, também, a sua

influência quanto às prioridades investigativas tais como as indústrias, o exército e a economia (Vázquez et al., 2008).

B – Produção do conhecimento científico

O trabalho laboratorial, de natureza experimental, foi valorizado por Alcina enquanto metodologia para tentar envolver os alunos em práticas epistémicas de produção, comunicação e avaliação do conhecimento. Ao longo das duas unidades didáticas, foram propostas três tarefas – TA2, TA11 e TA12 – com diferentes graus de abertura, cuja finalidade foi proporcionar aos alunos a execução de trabalho experimental: as TA2 e TA11, mais fechadas, com apresentação de um protocolo tipo ‘receita de cozinha’, pressupondo que os alunos seguiriam, com rigor, os passos previstos; a TA12, com maior grau de abertura, correspondendo a uma atividade de investigação, na qual os alunos teriam de elaborar um protocolo experimental, com a finalidade de procurar resposta(s) para um ou mais problemas e de testar hipóteses previamente discutidas em grupo. Ainda que com diferentes graus de abertura, as TA11 e TA12 apresentam uma estrutura semelhante, sendo a diferença principal o facto de a primeira incluir o protocolo experimental enquanto na TA12, os alunos tiveram que o construir, antes de o executar.

As aulas em que foram efetuadas as referidas tarefas proporcionaram a identificação de conceções acerca da natureza da ciência da professora e alunos, em particular, sobre a produção do conhecimento científico. Analisamos e discutimos, em seguida, duas situações distintas – uma relativa à unidade de Geologia (TA2_AI) e outra da unidade de Biologia (TA12_AI).

Com a TA2, a professora pretendeu que os alunos efetuassem uma avaliação dos riscos decorrentes da atividade sísmica, em edifícios construídos sob materiais rochosos compactados ou não compactados, tal como referimos na secção 4.2.2.1. A tarefa não foi precedida de qualquer fase de problematização, nem de elaboração de hipóteses, o que denota uma perspetiva verificacionista e empirista em termos de produção do conhecimento.

No início da aula 44, a professora entregou a TA2 aos alunos. Estes não se concentraram muito na leitura do texto, tendo passado, quase de imediato, à execução do trabalho laboratorial (RO4_AI). Nesse momento, a professora, dirigindo-se a toda a turma, fez o seguinte alerta:

Sigam bem o protocolo, para fazer isso como deve ser. (...) Vê lá como é que é para fazer, 'tá bem? (...) Atenção, tomem nota de tudo, que vocês têm... têm que responder às questões. (...) Aqui? Sigam tudo, como está no protocolo (...) Leiam tudo, primeiro, porque eu, de propósito, não o li para vocês ganharem responsabilidade (...) (A44_AI)

A primeira componente da tarefa procurava simular as consequências de um sismo em edifícios assentes em materiais não compactados e a segunda, em materiais compactados. Ainda que o sedimento utilizado – areia – tenha sido o mesmo em ambas as componentes da tarefa, na segunda solicitava-se aos alunos para adicionarem “...uma pequena quantidade de água ao material, tendo o cuidado de não deixar encharcar a areia” (TA2_AI), de forma a agregar os grãos, para simulação do material compactado.

Durante a execução do protocolo, um dos grupos adicionou mais água que a necessária para a compactação do sedimento, o que não estava previsto inicialmente. Esta situação afigurou-se-nos como uma mais-valia no desenvolvimento da argumentação, considerando que o resultado final não correspondeu ao que era implicitamente esperado pela professora e pelos alunos, pelo que se poderia constituir como uma excelente oportunidade de discussão, com recurso a argumentos, permitindo a comparação com outros ensaios experimentais realizados. Contudo, durante a apresentação oral do trabalho dos diferentes grupos, a professora referiu-se à circunstância relatada como um ‘erro experimental’, por não se cumprir o que estava previsto no protocolo:

- 1 P (Professora) - Eu queria dizer ainda outra coisa.... Ah! Queria fazer referência ao grupo... quem era? Jorge, a Ana e o Miguel, ok? Não se esqueçam de fazer referência de...
- 2 M (Miguel) - Pusemos água a mais.
- 3 P - ...que ocorreu um pequeno erro na execução do vosso...
- 4 M - Peço desculpa.
- 5 P - Não é pedir desculpa, agora! É fazer referência nas vossas respostas porque, repara Miguel, nem sempre as coisas correm...
- 6 M - Como previsto!
- 7 P - ...como previsto. Correm bem... é evidente que não dizia ali "verte 50 mL de água" , não dizia assim. Dizia, “deita água até o material fique compactado”, sem estar encharcado.
- 8 A (aluno) - Mas não fez diferença.
- 9 P - ...só dizia... calma. Por isso, vocês, para já, têm que ficar alertados que quando estamos a fazer uma atividade deste género ou experimental, às vezes, as coisas não correm bem. Mas, também, às vezes é quando elas não correm bem que nós conseguimos tirar melhores conclusões! Depois, temos que pensar por que é que não correu! O que é que teríamos feito mal ou o que é que fizemos menos bem para dar aquilo que não estávamos à espera que desse. Por isso, quando acontece uma situação destas, nós temos que saber tirar o proveito dela e, às vezes,... acaba por se tirar mais conhecimentos nestas situações do que quando tudo corre muito bem, como a gente estava à espera, que lindo, que maravilha, não é? Neste caso, vocês devem sempre referir... neste caso e noutros que eventualmente aconteçam... vocês devem sempre referir que... despejaram um bocadinho de água a mais, introduziram água a mais, e o material já estava... (A44_AI)

Este excerto sugere-nos vários comentários: (1) o trabalho experimental foi proposto com o objetivo de se constituir como uma confirmação positiva do que já era previsto implicitamente pela professora e pelos alunos, tendo sido ignorada a construção de problema(s) e hipótese(s) na elaboração da tarefa. Sendo assim, as hipóteses tiveram um papel apagado e todo o trabalho se inseriu num contexto de verificação (Praia, Cachapuz e Gil-Pérez, 2002); (2) a falta de rigor no cumprimento do protocolo, por um grupo, foi qualificada de ‘erro’, pois os alunos deveriam ter seguido, com cuidado, as normas que estavam inscritas na ‘receita de cozinha’, o que é coerente com a perspetiva verificacionista já citada; (3) a situação de ‘erro’ na execução do protocolo, criou uma oportunidade para analisar e discutir em torno do inesperado, o que poderia favorecer a relação entre a construção do conhecimento e a argumentação. Como refere Bachelard (2006), estas situações de ‘erro’ podem ser fulcrais para o progresso do conhecimento científico. Ainda que Alcina tenha valorizado estes contextos para o progresso do conhecimento, fê-lo numa abordagem que levou os alunos a considerarem terem cometido uma falha grave, tendo um dos alunos pedido desculpa pelo sucedido. Assim, o ‘erro’ em vez de fonte potencial de aprendizagem, através da reflexão sobre o processo e da interpretação das provas recolhidas, foi interpretado, pelos alunos, como algo que não devia ter sido cometido, o que permite indiciar uma excessiva preocupação com o resultado final esperado. Desta forma, a ideia veiculada é de que a ciência real é certa, muito rigorosa, fundamentalmente de natureza experimental, para recolha de provas que permitem testar as teorias (e não o inverso), reforçando imagens populares do empreendimento científico (Cachapuz et al., 2005). Esta afirmação encontra sustentação nas intervenções dos alunos, durante a entrevista:

143 J (Jorge) – O pior é se os resultados saem errados!

144 E (Entrevistador) – Mas, há resultados certos e errados?

145 A (Anabela) – Sim, às vezes...

146 J – Sim, às vezes, acontece alguma... por exemplo, o meu grupo este ano, tive pelo menos em três aulas que eu me lembre, os meus resultados deram o contrário do que era suposto.

147 A – E, então, tinham que ir à procura porque é que deram mal. A stora até costumava dizer que é bom dar mal, que assim, nós vamos à procura. Se ‘tiver bem, sabemos sempre... (EA_AI)

Consideramos significativa a intervenção de Jorge ao referir, explicitamente, que houve resultados errados ou que *“deram o contrário do que era suposto”*, o que revela uma conceção tradicional de ciência, no domínio do paradigma empiro-positivista. Já Anabela

preferiu dar destaque às possíveis ‘vantagens’ de resultados experimentais inesperados, ao mencionar que, dessa forma, os alunos têm de procurar uma justificação para os dados obtidos. Alcina considerou que não foi intencional a utilização do termo ‘erro’ e que até considera que a situação relatada é entusiasmante pela exploração que se pode efetuar em torno desse ‘erro’. Contudo, para os alunos, parece-nos que o termo utilizado contribuiu para cimentar conceções de ciência epistemologicamente pouco informadas, sendo, simultaneamente, indiciadora de perspetivas de ciência de Alcina, quanto à produção de conhecimento científico, atendendo a que a professora apenas se apercebeu da inadequação do termo usado quando indagada durante a entrevista final.

Na TA12 – observação da fluorescência da clorofila – após um texto informativo, prevê-se a formulação de um possível problema de investigação e de hipóteses, pelo que a podemos inserir num paradigma racionalista de ciência. Esta tarefa foi construída pela professora para o trabalho de investigação que realizou para a sua dissertação de mestrado, tendo sido alvo de alguns ajustamentos que permitiram um maior grau de abertura: inicialmente, a professora esperava que o problema formulado fosse idêntico e que o planeamento experimental elaborado pelos alunos não apresentasse diferenças significativas entre si. Após conversarmos informalmente com Alcina sobre a versão original da tarefa, a professora considerou que poderiam ser formulados problemas diversos e que a criatividade dos alunos deveria ser explorada neste domínio, bem como na elaboração das hipóteses.

Não observámos a aula de planeamento e execução do trabalho laboratorial, mas estivemos presentes durante a apresentação e discussão dos resultados. Tendo em conta a natureza investigativa da TA12, esperávamos que surgissem problemas, hipóteses e planeamentos diferentes. Contudo, os quatro grupos apresentaram formulações semelhantes, correspondendo às expetativas iniciais da professora, quando nos apresentou a tarefa na sua formulação original. Mais uma vez, a conceção de que há um processo único e objetivo de concretização da investigação se evidenciou durante este trabalho. Inclusivamente, num dos grupos não foi possível observar a fluorescência da clorofila, tendo os alunos optado por utilizar os resultados de um outro grupo, tal como consta da intervenção de uma aluna, a Sónia, durante a comunicação do trabalho ao grupo-turma:

Os resultados obtidos contrariaram a hipótese proposta, pois a cor emitida pela clorofila não foi vermelha nem laranja, apareceu um verde-claro. Hum... Isto poderá ter acontecido porque a

planta que o nosso grupo usou era menos eficaz do que a usada pelo outro grupo. Como os resultados não foram, de forma alguma os esperados, a professora mostrou-nos os do outro grupo que correram melhor, ou seja, apareceu a luz avermelhada. (A89_AI)

As palavras usadas na citação anterior sublinham a coerência das imagens que os alunos desenvolveram sobre a produção do conhecimento científico: (1) o conhecimento provém da experiência, (2) os resultados devem ser uniformes nos diferentes ensaios experimentais e quando tal não sucede devemos selecionar os expectáveis, menosprezando os restantes que não são conformes com o esperado. A própria justificação para o resultado inesperado revelou-se débil pois o que significa dizer que a planta usada era menos eficaz? E que conhecimento básico ou fundamento reforça a frágil justificação? Nenhuma destas perguntas foi considerada durante a discussão do trabalho, pelo que a 'argumentação' existente se cingiu à leitura e justificação dos resultados esperados.

Na parte final da execução da TA12, surgiu um novo problema que orientou os alunos em direção a uma nova investigação. De novo, o problema e os planeamentos elaborados foram idênticos nos quatro grupos, reforçando o que antes afirmámos sobre as perspetivas de orientação empiro-positivista de ciência. Alcina justificou esta situação referindo:

Agora, a questão de... para já um grupo atrasou-se... do Daniel, atrasaram-se muito e, depois, então isso já nem vale a pena... mas demoraram muito tempo, com a segunda [*investigação*] e a segunda não saía nada. Assim que saiu alguma coisa no grupo da Anabela... foi mesmo a Anabela que propôs 'então, e se for... se eles não forem partidos... se os cloroplastos não forem partidos, forem inteiros' e não sei quantos, pronto. Aquilo, meu amigo, disparou! (EP2_AI_160).

Para a professora, a justificação encontra-se no facto de os grupos terem observado o que outros iam concretizando, com uma intenção clara de executarem o mesmo procedimento que permitisse alcançar os resultados 'corretos'. Esta justificação encontra eco no que Jorge e Anabela referiram, na entrevista:

Eu acho que quando imagino... por exemplo, ela 'tá a começar a fazer. E nós... por acaso, eu ainda me lembro do dia em que 'távamos a fazer isto, 'tava... 'tava eu a começar a preparar as coisas, uma rapariga do meu grupo também já 'tava a começar, e a Anabela... a Anabela, por exemplo, fez-me uma pergunta qualquer e eu respondi-lhe e ela foi fazer aquilo! E, depois ao contrário, a meio do nosso... da nossa atividade experimental, eu é que lá fui perguntar-lhe outra coisa e isso... e os grupos vão fazendo muito isso e, depois, ao perguntarem e olharem uns para os outros vai dar tudo quase ao mesmo. (EA_AI_213).

Eu acho que em relação à... à atividade laboratorial, da fotossíntese, eu acho que acontece isso em todas, mais ou menos, porque irmos perguntar e olharmos para o lado, se 'tamos assim um

bocado num impasse, não sabemos o que havemos de fazer, olhamos para o lado... (EA_AI_214).

As razões apresentadas pelos alunos indiciam que não reconhecem o papel da criatividade e do pensamento divergente no trabalho científico.

No final desta análise, debruçamo-nos, de forma breve, sobre o papel que as hipóteses desempenharam nesta tarefa. Um dos itens da TA12 solicitava aos alunos que elaborassem hipóteses que permitissem responder ao problema. Durante a comunicação dos resultados à turma, apercebemo-nos da dificuldade que os alunos sentiram na formulação de hipóteses, não tendo fundamentado as conjeturas apresentadas, o que nos permite inferir que nunca ou raramente se tinham envolvido nesse processo de construção ou até discutido algo relativo a esse assunto. Esta situação denota a pouca importância que a formulação de hipóteses assumiu no processo de produção do conhecimento. Este indício tornou-se mais evidente, posteriormente, quando a professora sentiu necessidade de explicar à turma em que consiste uma hipótese:

...é assim, uma hipótese deve ser uma resposta ao nosso problema. Eu, por exemplo, acho que foi neste grupo que vi que estava o "será" mas depois tive o cuidado de observar que puseram um ponto final para corresponder a uma afirmação. Porque, muitas vezes, aparece as hipóteses sob a forma de uma questão que depois não está muito afirmativa. (A89_AI)

A professora tentou fazer uma distinção entre a formulação de um problema e o de uma hipótese, preocupando-se, particularmente, com aspetos de forma. Quanto ao conteúdo, limitou-se a referir que *"deve ser uma resposta ao nosso problema"*. Porém, não explicou o papel de articulação e de diálogo que a hipótese desempenha entre teorias, observações e experimentações (Cachapuz et al., 2005), e a sua relevância enquanto orientadora de todo o processo de investigação, numa abordagem hipotético-dedutiva. Posteriormente, Alcina introduziu a perspetiva falsificacionista (Popper, 2003) como fundamental na testagem de uma hipótese:

Ou, por outras palavras, uma hipótese deve ter uma afirmação e como afirmação que vai ser testada, ela pode ser confirmada, ou não. (...) De forma a que eu possa confirmá-la ou refutá-la, ou ela ser falsificada. Percebes? Porque como também vocês já perceberam... quando as coisas na investigação dão corretas, pronto ainda bem, não é, deu correto. Mas não é assim que a ciência avança. Quando as coisas até dão mal... até é melhor, exatamente. Portanto, se uma hipótese é refutada, aí partimos para outra e a ciência avança. (A89_AI)

Neste momento, a professora deixou transparecer uma perspetiva epistemológica descontínua em termos da produção do conhecimento, ao referir o refutacionismo como elemento charneira do progresso da ciência. Contudo, a intervenção da professora

denotou, também, alguma confusão epistemológica pois associou o ‘erro’ à refutação e valorizou uma vez mais, um posicionamento verificacionista do trabalho científico: “...quando as coisas na investigação dão corretas, pronto ainda bem, não é, deu correto”. Recordamos que na perspetiva popperiana, “...o processo de confirmação positiva nada nos diz sobre a verdade da hipótese, já que esta pode ser falsa mas confirmada” (Cachapuz et al., 2005, p. 94). Consideramos, ainda, que a não operacionalização destes conceitos, nomeadamente durante os trabalhos experimentais realizados, e a circunstância única em que o assunto foi abordado, não terão favorecido uma conceptualização adequada, pelos alunos, acerca da importância que as hipóteses desempenham em ciência e sobre a sua formulação.

Da análise apresentada, concluímos que Alcina defendeu perspetivas que se enquadram ora numa conceção de ciência predominantemente de cariz positivista, ora noutra de orientação pós-positivista. Como já havíamos referido na discussão dos resultados da fase I deste estudo, há uma coexistência de imagens que se aproximam daquelas duas perspetivas acerca da natureza da ciência. Alguns posicionamentos da professora carecem de uma reflexão mais profunda, considerando que manifestou alguma insegurança na forma como foi procurando fundamentá-las. Evidenciando essa falta de profundidade reflexiva sobre a temática em causa, identificámos algumas considerações da professora que indiciam ingenuidade na forma como relacionam ciência, tecnologia e sociedade, ou em relação ao papel das experiências na produção do conhecimento ou, ainda, na forma como defende perspetivas continuistas, nuns momentos e descontinuistas, noutros. Estas imagens incoerentes levam-nos a considerar a possibilidade de algumas delas serem fruto de um conhecimento epistemológico pouco refletido, o que pode dificultar o estabelecimento de relações entre a ciência e a argumentação.

4.2.2.5 – Desenvolvimento pessoal e profissional

Durante o período de recolha de dados da presente investigação, Alcina concluiu o curso de mestrado em didática das ciências. Foi já na segunda fase deste estudo que defendeu a dissertação. Para a professora, os anos correspondentes à frequência do mestrado e à participação neste estudo foram de grande investimento e aprendizagem.

Segundo Gonçalves (2009), a carreira docente é composta por cinco etapas ou traços dominantes, escalonados de acordo com o número de anos de experiência

profissional. A última etapa, correspondente aos docentes que têm uma carreira com 23, ou mais, anos de docência, caracteriza-se por uma renovação do interesse ou desencanto, face à profissão. Se alguns professores nesta etapa demonstram cansaço, saturação e impaciência, outros, reinvestem na profissão, “...revelando um interesse renovado, mostrando-se «entusiasmadas» e desejando «continuar a aprender coisas novas»” (Gonçalves, 2009, p. 26). Consideramos Alcina, facilmente, inserida neste último grupo. A professora mencionou na primeira entrevista, que apenas nos três anos anteriores começou a ‘abrir horizontes’ e só aí se apercebeu que havia outras possibilidades em termos de processos de ensino e de aprendizagem. No entanto, nem sempre este percurso foi pacífico, considerando que o contexto de trabalho e a cultura docente (Hargreaves, 1992) do ambiente escolar em que se movia se constituíram como elementos contracorrente do aprofundamento do saber e do desenvolvimento de competências profissionais, conforme referiu a professora:

...se calhar agora, sou criticada, estás a perceber? Porque ‘não é preciso fazer nada disso assim, porque assim é muito melhor’. Agora, sou criticada por muitas coisas, porque é assim, ‘o professor não sabe se... não tem de ser o professor a fazer e a dar’... o que tu me disseste em relação às pesquisas e isso tudo, ‘Não, então e como é que o aluno depois sabe? Ah, não!’. (EP1_AI_255).

Alcina sentiu que as críticas dos pares não foram incentivadoras de mudanças mais efetivas das práticas, atendendo às críticas que, por vezes, lhe foram dirigidas sempre que propôs novas metodologias de ensino, mais centradas nos alunos. O sentimento de insegurança quanto ao ‘que’ os alunos aprendem e ao ‘como’ implementar práticas inovadoras condicionou o possível diálogo entre professores, limitando a partilha e debelando a possibilidade de trabalho colaborativo inter pares. Daí que Alcina tenha mencionado que considerou a participação neste estudo muito proveitosa, pois foi uma oportunidade única para dialogar, refletindo, sobre as suas práticas.

A análise do discurso da professora sobre os possíveis contributos que essa reflexão sobre as práticas poderia ter tido sobre o seu desenvolvimento pessoal e profissional, permitiu-nos construir a Tabela 58, com uma síntese das principais ideias manifestadas nas duas entrevistas, enquadradas em duas categorias: reflexão sobre a prática e mudança.

Tabela 58

Síntese do discurso de Alcina enquadrado na categoria desenvolvimento pessoal e profissional

	Reflexão sobre a prática	Mudança
1. ^a entrevista (unidade de Geologia)	<ol style="list-style-type: none"> 1. É difícil problematizar a prática de forma isolada e sem partilha com pares. A partilha é dificultada pelas diferenças em termos de posicionamentos didáticos e pedagógicos entre professores; 2. A inserção no mesmo contexto de trabalho e de ensino, durante cerca de 30 anos, contribuiu para a ausência de questionamento acerca do conhecimento experiencial que foi apropriando ao longo da carreira; 3. O questionamento na entrevista permitiu uma reflexão sobre a sua ação docente em relação a vertentes para as quais não estava desperta. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A mudança das práticas é recente. Centrar o processo de ensino nos alunos, por exemplo, através da comunicação oral de trabalhos, tem contribuído para essa mudança, processo que é necessariamente lento; 2. Para mudar é necessário saber 'como', é preciso conhecer as alternativas que se colocam; 3. Ainda há muito para aprender e mudar; 4. A verdadeira mudança surge ao longo do processo de reflexão e aprendizagem. Tal como um condutor que acabou de tirar a carta e fica apto para conduzir mas apenas desenvolve a perícia de condução com a prática, também o professor conclui a sua formação inicial ou contínua mas é na ação e na reflexão sobre a ação que se vai desenvolvendo profissionalmente; 5. O curso de mestrado e a presente investigação foram essenciais para o crescimento profissional.
2. ^a entrevista (unidade de Biologia)	<ol style="list-style-type: none"> 1. O isolamento do trabalho docente não contribui para a análise da prática e partilha de ideias; 2. A monitorização da prática por um par ou alguém com competência na área da educação em ciência promove a discussão que contribui para problematizar a ação docente; 3. A discussão faz emergir o questionamento. É através deste processo que o conhecimento profissional pode favorecer a melhoria das práticas. Mais do que aprender definições teóricas para as aplicar na prática, é necessário desenvolver competências reflexivas na e sobre a ação. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. As mudanças são lentas, a interiorização de novas formas de olhar o ensino e a aprendizagem é longa e complexa; 2. Os recursos materiais à disposição dos professores, como os manuais escolares, não são fatores promotores de mudança, contribuindo para aprofundar conceções tradicionais de ensino e aprendizagem; 3. O envolvimento nesta segunda fase da investigação ajudou a construir uma noção mais clara de argumentação. A professora referiu sentir-se mais segura em implementar determinado tipo de práticas. Na sua perspetiva isto é um passo fundamental no caminho da mudança pois os receios, medos e inseguranças sobre o como agir, constroem a inovação; 4. A componente de reflexão e de questionamento que surgiu por envolvimento neste projeto foi uma mais-valia para mudar o pensamento acerca das práticas pedagógicas, nomeadamente, as que mais se adequam ao desenvolvimento da argumentação pelos alunos.

O discurso de Alcina, durante as entrevistas realizadas, centrou-se, fundamentalmente, na mudança. Consideramos que tal se pode justificar pela relevância outorgada pela professora ao período de aprendizagem e de alguma emancipação pedagógica e didática que vivenciava durante o período correspondente ao trabalho empírico desta investigação. Efetivamente, Alcina referiu que, o curso de mestrado lhe deu acesso a uma nova visão da educação em ciência e da formação dos alunos, pelo que se sentiu motivada para continuar a investir no campo da didática, com a participação neste estudo. Para a professora, esta participação correspondeu a uma fase de aprendizagem e crescimento

pessoal, intimamente associada à perspectiva de desenvolvimento profissional (Oliveira-Formosinho, 2009). Como refere esta autora, “O desenvolvimento profissional é um processo mais vivencial e mais integrador que a formação contínua. Não é um processo puramente individual, mas um processo em contexto” (Oliveira-Formosinho, 2009, p. 225).

Queremos, ainda, sublinhar que a professora revelou ter consciência das suas limitações na área da educação em ciência, em particular, na utilização da argumentação como ferramenta útil para a aprendizagem científica dos alunos, tendo referido o seu interesse em aprofundar o seu conhecimento e competências profissionais. Contudo, referiu que no contexto de ensino onde se insere não há uma real cultura profissional colaborativa (Hargreaves, 1992), como se depreende das suas palavras:

E onde é que andam? Onde? Onde? Pois, isso era muito bom! Isso era muito bom, mas... as pessoas também não estão assim muito disponíveis para isso. Depois, às vezes, há... há grupos e grupos, há pessoas e pessoas, não é? Agora... agora, ainda, estou a descansar! (*risos*) [EP2_AI_449].

A professora valorizou “... a aquisição/construção desses saberes realizada em contexto pedagógico e na interação com os pares” (Esteves, 2009, p. 45). Contudo, apenas uma nova forma de olhar a própria escola, enquanto comunidade aprendente, pode compatibilizar culturas profissionais que parecem ser, cada vez mais, dissonantes, permitindo concretizar situações profícuas de trabalho colaborativo que conduza a um efetivo desenvolvimento pessoal e profissional.

CAPÍTULO 5.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo remete para as conclusões do estudo, apresentadas segundo dois eixos que orientaram a investigação: (1) as concepções dos professores acerca da argumentação científica e do seu papel no ensino da Biologia e Geologia, e as possíveis relações com as ideias acerca da natureza da ciência que se possam constituir como constrangimentos à implementação de um ensino intencionalmente orientado para o desenvolvimento da argumentação científica; (2) a caracterização das práticas implementadas pelos professores, com uma abordagem aos constrangimentos percebidos e observados, bem como uma referência aos contributos da reflexão na melhoria dessas mesmas práticas. Ao longo das conclusões são, ainda, propostas algumas implicações do estudo em termos da educação em ciência, com particular destaque para a formação de professores. Posteriormente, serão focadas as limitações da investigação, bem como apresentadas algumas sugestões para estudos futuros. Terminamos com uma breve nota pessoal, reflexo deste percurso de investigação.

5.1 Concepções dos professores

5.1.1 Acerca do conceito de argumentação e do seu papel no ensino da Biologia e Geologia

Autores como Sampson e Blanchard (2012) têm defendido que a comunidade de investigadores em educação em ciência necessita saber mais acerca dos conhecimentos e perspetivas que os professores têm sobre argumentação científica. Isto permitirá que os atuais esforços para integrar a argumentação científica nas práticas pedagógicas se possam concretizar, considerando que a forma como os professores concebem a argumentação e a relevância que lhe atribuem no contexto epistemológico influenciam o seu uso no ensino e aprendizagem das ciências (Simon, Erduran, & Osborne, 2006).

Apesar dos inúmeros estudos que se têm realizado acerca da argumentação científica, de que os capítulos precedentes deram conta, a investigação raramente se tem centrado na análise das possíveis relações entre o pensamento dos professores e o

desenrolar das suas práticas quando procuram promover e sustentar a participação dos alunos na argumentação científica (Sampson, & Blanchard, 2012; Simon, Erduran, & Osborne, 2006). O presente estudo, a par dos desenvolvidos por estes autores, pretendeu dar a conhecer algumas linhas no domínio das concepções dos professores sobre a referida temática.

Em relação ao conceito de argumentação, a maioria dos professores focou a sua dimensão social e interativa, associando-a ao debate e/ou discussão, na aceção comum do termo (Driver, Newton, & Osborne, 2000). Das ideias fundamentais, destaca-se a relevância que esses docentes concederam à natureza polémica dos assuntos a abordar, enquanto característica facilitadora da argumentação. O grau de discutibilidade de um assunto condiciona, segundo esse grupo de professores, a dialogicidade do processo. Esta característica dialógica está dependente da apresentação de perspetivas diferentes sobre um assunto, ideia esta que se encontra na concepção de argumentação de autores como van Eemeren e Grotendoorst (2004).

Esta concepção de argumentação opõe-se, assim, a uma perspetiva mais individualista, de pendor cognitivista ou estruturalista, surgindo associada à explicação, mais direcionada para um discurso monológico. Alguns docentes, ainda que em minoria, integraram-se nesta concepção, idealizando a argumentação de um ponto de vista mais racional, não tendo vincado o seu carácter social e dialógico. Nesta perspetiva mais monológica, alguns docentes salientaram o papel das provas na construção do discurso fundamentado. Contudo, na explicação há uma preocupação maior com a descrição dos fenómenos e não tanto com as provas, tal como referem autores como Kuhn (2010) e Osborne e Patterson (2011). Para aquela autora, uma ênfase nas explicações compromete a valorização das provas e a sua função no suporte aos enunciados.

Há, assim, uma diferença na função epistémica da explicação e da argumentação, sendo atribuída à primeira uma natureza causal e à segunda, uma natureza tentativa (Osborne, & Patterson, 2011). Nesta sequência, não deixa de ser relevante que alguns docentes tenham assumido a dificuldade em lidar com a multiplicidade de ideias que surge num contexto de natureza dialógica ou num discurso tentativo. Aquela concepção de argumentação, desenvolvida por alguns docentes, pode contribuir para que estes considerem que quando recorrem a uma explicação estão a promover a argumentação científica dos alunos. Porém, a investigação tem permitido concluir que as aulas de ciências têm essencialmente uma natureza explicativa (Osborne, & Patterson, 2011) e,

desta forma, uma quase ausência de processos argumentativos, sendo que esses contextos de ensino não contribuem para desenvolvimento explícito da argumentação.

É importante que os docentes saibam reconhecer o diferente estatuto das explicações e das provas que permitem sustentá-las (Kuhn, 2010). Contudo, constatámos que os próprios docentes manifestaram algumas concepções pouco claras sobre os conceitos de dados e prova/evidência, para além de terem revelado dificuldades em identificar provas para alguns enunciados científicos comuns para professores de ciências. Uma possível justificação para esta circunstância poderá estar relacionada com o facto de o ensino estar centrado, em grande parte, em argumentos de autoridade, de natureza retórica (Osborne, 2001) e racional. Neste caso, o conhecimento é transmitido e a sua validade não é colocada em causa pelos alunos, devido, em parte, ao estatuto social do professor que lhe confere autoridade de conhecimento, o que foi, aliás reconhecido por alguns participantes do estudo.

Uma das conclusões do presente estudo é que o conceito de argumentação não é unânime, para os professores que nele participaram. Foram, assim, identificadas ideias diversas acerca do seu significado. Trata-se de um conceito complexo, com raízes no domínio da filosofia e das ciências da linguagem e que os professores, habitualmente, não veem associado, de forma específica, à educação em ciência, uma vez que é mais comum ligá-lo à noção de pensamento crítico (Ennis, 1987), enquanto competência transversal patente no currículo das várias disciplinas, tal como referiram alguns participantes do grupo focal. Por outro lado, parece que há falta de reflexão sistemática e profunda sobre o conceito em causa, o que leva os professores a pronunciarem-se sobre ele recorrendo a ideias tradicionais e pouco fundamentadas teoricamente.

Partindo de uma concepção enraizada numa interpretação comum do termo, não é surpreendente que muitos professores tenham remetido os contextos de argumentação, em sala de aula, para a discussão ou debate em torno de controvérsias sociocientíficas (Reis, 2008, 2013; Simmoneaux, 2008), na medida em que mais facilmente emergem diferentes posições em torno de uma polémica. Contudo, esta visão comum do conceito não é, necessariamente, única. Como afirma Sadler (2006), a argumentação representa um constructo bem mais abrangente que o de debate, pelo que não são necessários os desacordos ou oposição para que ela ocorra, ainda que estes sejam elementos facilitadores do emergir e desenrolar da argumentação. De facto, houve docentes que afirmaram ser possível argumentar sobre qualquer assunto, uma vez que, mesmo aqueles

acerca dos quais há, atualmente, consensualidade, já foram, anteriormente, alvo de discórdia pelo que nem sempre as ideias existentes foram unânimes. Isto coloca em questão a importância da relação entre a natureza consensual ou polémica dos conteúdos conceptuais presentes nos programas das disciplinas científicas e as concepções dos docentes sobre argumentação científica.

Os programas de Biologia e Geologia encontram-se estruturados a partir de questões orientadoras, com grau de abertura diverso, que cobrem grandes áreas temáticas abarcando um conjunto significativo de conhecimentos: termos, conceitos, conhecimento factual que integram as denominadas teorias do núcleo central (Duschl, 1997), em torno das quais a comunidade científica revela um elevado nível de consenso. Desta forma, os professores que têm uma visão mais tradicional de ciência e de argumentação terão, provavelmente, mais dificuldade em gerar contextos argumentativos nas suas aulas, excetuando situações relacionadas com a discussão de questões sociocientíficas, meramente ocasionais ou de discussão em torno de algumas teorias marginais, elas próprias controversas. Se não houver, a título de exemplo, uma perspetiva investigativa orientadora dos processos de ensino e de aprendizagem dessas temáticas, com o envolvimento dos alunos na planificação e execução de um plano de trabalho que possa implicar a elaboração de hipóteses, a recolha e tratamento de dados e a resposta a questões levantadas previamente, na linha do *IBSE (inquiry-based science education)*, a tendência será para o professor centrar em si a transmissão do produto final da ciência, através de uma retórica de conclusões, limitando-se os alunos a um papel passivo, incompatível com o desenvolvimento da argumentação científica.

Não é, em nosso entender, um acaso o facto de os professores terem revelado dificuldade na apresentação de condições de refutação e a ausência de qualificador modal, na tarefa que os implicou na construção de um argumento, respeitando os elementos do PAT. Estes resultados vão na mesma linha dos evidenciados em estudos como o de Gray e Kang (2014). Efetivamente, tendo o ensino um cunho fundamentalmente tradicional, não é necessário dar força às conclusões dos argumentos, uma vez que se transmite a ‘veracidade’ do conhecimento em causa, a já referida retórica de conclusões, situação não coerente com a argumentação que pressupõe a falibilidade do conhecimento científico (Archilla, 2013). Nesta sequência, também dificilmente se conceptualizam condições que poderão refutar os enunciados científicos, pois o pensamento convergente é mais facilmente mobilizado. Estas perspetivas estão intrincadas com as ideias dos professores

acerca da natureza da ciência e contribuem para obstaculizar o ensino numa perspetiva do desenvolvimento da argumentação, como adiante defendemos. Estas dificuldades, contudo, não são um impedimento a que os docentes considerem importante o papel que a argumentação e, em particular, a argumentação científica devem desempenhar na educação dos jovens.

A este propósito, os professores atribuíram relevância à argumentação científica por considerarem que é promotora de uma ação mais interventiva e crítica, em termos sociais, e por desenvolver o pensamento dos alunos. Este último aspeto foi também focado pelos professores que participaram no estudo de Sampson e Blanchard (2012). Ainda que tenha sido mencionado o contributo da argumentação para as aprendizagens dos conteúdos conceptuais, esta dimensão foi a menos citada pelos professores, considerando alguns que só se pode argumentar após se terem aprendido esses mesmos conteúdos. Ora, esta perspetiva pode conduzir os professores a protelarem práticas argumentativas, uma vez que, por um lado consideram que é uma atividade consumidora de tempo e, por outro, que se constitui como uma aprendizagem para além das que estão inscritas no currículo de Biologia e Geologia (leia-se, conteúdos conceptuais) que já é muito extenso.

Outro contributo importante que pouco foi referido pelos professores prende-se com o facto de a argumentação promover a compreensão acerca da natureza da ciência. A investigação tem revelado que esta dimensão da educação em ciência é pouco, ou nada, explorada na maioria das aulas (Osborne, 2007) pelo que os professores tendem a ignorá-la no seu discurso. Assim, ainda que compreendam a importância da argumentação nos processos de investigação científica tenderão a menosprezá-la nos processos de ensino e de aprendizagem, por se encontrarem muito focados nos conteúdos conceptuais e no que “sai no exame”.

5.1.2 Acerca da natureza da ciência

Uma visão de ciência como prática cultural e situada, fortemente dependente das interações que se estabelecem no seio da comunidade científica (Gray, & Kang, 2014) insere-se no âmbito de concepções de orientação pós-positivista. Desta forma, consideramos que os docentes cuja orientação epistemológica se integre numa concepção mais ortodoxa terão mais dificuldade em perspetivar o papel da argumentação na

construção do conhecimento científico e tenderão a desenvolver uma maior resistência a implementar práticas argumentativas em sala de aula.

As concepções acerca da natureza da ciência manifestadas pelos professores, não apresentam um padrão comum claro que as permita identificar como exclusivamente de orientação positivista ou pós-positivista, ainda que consideremos existir uma tendência positivista em vários domínios. Por um lado, afirmam que a ciência é objetiva, com uma estrutura hierarquizada em que as leis prevalecem sobre as teorias, portanto, com maior estatuto epistemológico, e em que existe um modelo característico de método científico, ainda que adaptável aos vários domínios da ciência, tendo destacado a capacidade de, através da observação e do trabalho experimental, se obterem respostas fidedignas para as questões de investigação; por outro, declaram que o conhecimento científico é provisório e tentativo, que resulta da construção humana e é influenciado pelos contextos sociais e históricos da época em que surge. Apesar desta visão humanizada da construção da ciência, de tendência pós-positivista, diversos professores atribuíram aos cientistas características típicas de uma imagem estereotipada ou de uma concepção elitista de ciência (Fernández, Gil-Pérez, & Vilches, 2005).

As características que foram apontadas pelos professores e que se podem considerar como maiores constrangimentos a uma concepção em que a argumentação desempenha um papel fulcral no desenvolvimento do conhecimento científico são: a valorização exacerbada da dimensão exploratória e experimental da ciência face à dimensão explicativa e argumentativa, a desvalorização da dimensão axiológica na orientação dos processos de investigação e a crença na objetividade inerente ao processo investigativo.

A dualidade objetividade/subjetividade em ciência esteve quase sempre presente no discurso dos docentes, ao longo das várias fases da investigação. Esta dualidade constitui-se como polo congregador das restantes perspetivas mencionadas: existência de um método científico infalível, valorização das provas e menor importância dos efeitos persuasivos do discurso científico, uniformidade das conclusões obtidas por cientistas diferentes face a dados semelhantes, entre outras. Para os professores, a objetividade continua a ser um critério de demarcação entre ciência/não-ciência e se a colocarmos em risco, fazemos resvalar a ciência para o domínio ameaçador do relativismo. Contudo, a própria concepção de objetividade entre os professores não é unânime. Houve quem mencionasse a objetividade como resultante de processos de negociação e de discussão

racional entre grupos de cientistas, de forma a alcançar-se um consenso, aproximando-se de uma visão consistente de ciência. Porém, a maioria dos professores abordou a questão da objetividade numa perspectiva tradicional, isto é, querendo com tal afirmar a capacidade dos seres humanos conhecerem a realidade tal como ela é, expurgando o conhecimento científico de todas as distorções que possam surgir na captação dessa mesma realidade, devidas à natureza do sistema cognitivo dos humanos ou a outros fatores como a cultura, a ideologia, a elementos psicológicos ou a paradigmas dominantes (Cerezo, s/d). Esta é uma concepção que remete para a epistemologia tradicional da ciência e que a afasta da controvérsia que, como defendido por grande parte dos docentes, é facilitadora do desenvolvimento da argumentação científica.

Os professores que subscrevem um conceito de objetividade robusta (Cerezo, s/d) são os que pensam que “A ciência, no seu estado ótimo, não dá oportunidades para a controvérsia; o único tipo de discrepância é o que ocorre na interação teoria-experiência” (idem, p. 7). Contudo, a nova filosofia da ciência veio afirmar a controvérsia como uma característica funcional da ciência, existindo autores, como Feyerabend (1993), que defendem que se deve fomentar a dissidência e a pluralidade metodológica e teórica. A controvérsia é identificada, nesta linha de pensamento, “como uma condição chave para a credibilidade e a atribuição de objetividade, no sentido de produzir resultados que tenham sido submetidos ao escrutínio, discussão e negociação” (Cerezo, s/d, p. 9). No entanto, os professores veem a ciência sem controvérsia (Osborne, 2007). Segundo este autor, para tal contribuirá a quase ausência dos processos históricos de construção do conhecimento e das controvérsias a elas inerentes no ensino das ciências. Mesmo quando abordados nas aulas, esses processos históricos surgem à margem do que os professores consideram essencial aprender, sendo mencionados, frequentemente, como curiosidades científicas. Assim, na prática, pode-se considerar a ciência escolar como excisada dos conflitos e diversidade de perspectivas históricas que permitiram chegar ao conhecimento científico atual (Osborne, 2007).

Do que foi mencionado anteriormente, ressalta a ideia de que uma ciência objetiva, no sentido da imparcialidade e da univocidade teórica e/ou metodológica é condicionadora da pluralidade, da discussão e da negociação, uma vez que limita a emergência da controvérsia. Recorrendo às ideias de Pera (2000), a ciência deve transferir-se do reino da demonstração, característica de posturas epistemológicas tradicionais, para o domínio da argumentação.

Consideramos que os professores devem passar por processos de formação que contribuam para atualizar conhecimentos no domínio da natureza da ciência e, preferencialmente, que os envolvam em práticas de investigação científica e em processos reflexivos. Esta poderá ser uma forma de proporcionar a mudança conceptual para que passem a valorizar a argumentação científica não apenas porque contribui para uma melhor cidadania ou porque desenvolve o pensamento dos alunos, mas porque é intrínseca à própria ciência e fundamental na aprendizagem conceptual. Afinal, ensinar e aprender ciências é ensinar e aprender a argumentar cientificamente.

5.2 Práticas de professores

5.2.1 Caracterização das práticas

As observações que realizámos das aulas das professoras permitem-nos traçar um quadro caracterizador das práticas desenvolvidas com a intenção de envolver os alunos na argumentação científica. Em termos de análise global, podemos afirmar que as práticas observadas não evidenciaram diferenças profundas em termos do “que” e do “como”.

A abordagem que as professoras usaram para trabalhar a unidade didáctica da Biologia foi de natureza, essencialmente, científica, com uma perspectiva tradicional. Com isto queremos afirmar que as professoras não se socorreram de um contexto problematizador ou controverso para iniciar o estudo da fotossíntese. Tal pode justificar-se com a tradição de abordagem enciclopédica que tem existido ao longo das últimas décadas no ensino do referido tema, o que pode contribuir para que se torne mais complexo, para os professores, conceber tarefas e estratégias que se adequem a trabalhá-lo de forma mais argumentativa. Por outro lado, os conteúdos dessa unidade são exigentes do ponto de vista conceptual, por envolverem conhecimentos diversos de outras áreas científicas (bioquímica, por exemplo), o que pode influenciar a predisposição dos docentes para desenvolverem tarefas que impliquem a argumentação, uma vez que os mesmos afirmaram menor disponibilidade para tal quando não os conteúdos a abordar envolvem outras áreas científicas que não as da formação inicial. Para além destas condicionantes, não é de menosprezar o facto do assunto fotossíntese não ser alvo de abordagem frequente nos meios de comunicação social, o que dificulta, segundo as professoras, a construção de um contexto que o aproxime da vida quotidiana dos alunos e que os possa motivar e levar a elaborar questões e, desta forma, possibilitar a orientação

do ensino para um processo de resolução de problemas, que facilitaria o emergir da argumentação nas aulas.

Já em relação à unidade de sismologia, houve diferenças na abordagem usada pelas docentes no ensino dos respetivos conteúdos. Uma das professoras utilizou uma perspetiva científica tradicional, centrada na mobilização de conceitos, de factos e de princípios, enquanto a outra recorreu a contextos sociocientíficos, introduzindo os alunos no tema através da leitura e análise de notícias de jorna e a problematizar o tema em estudo, usando o meio envolvente dos alunos. As notícias serviram de ponto de partida para levantar algumas perguntas, tendo culminado numa tarefa com características comuns aos problemas autênticos (Jiménez-Aleixandre, 2008, 2010), propícia ao desenvolvimento da argumentação científica pelos alunos.

No entanto, apercebemo-nos, através das diversas análises já apresentadas, que as tarefas foram, globalmente, pouco propícias à discussão e ao debate, atividades que os professores assumiram como fundamentais ao emergir da argumentação. Efetivamente, muitas das perguntas que constavam das tarefas eram de natureza fechada, prevendo, somente, uma resposta cientificamente aceitável e, como tal, apelando à mobilização de pensamento convergente. Mesmo nas situações em que as tarefas apresentavam maior grau de abertura, ou seja, apresentando características mais propícias à diversidade de posições e de apresentação de propostas de solução alternativas, os alunos foram, diversas vezes, orientados no sentido de uma visão consensual e única. Esta constatação levou, nomeadamente, uma das docentes a propor ao investigador uma reformulação das tarefas na segunda unidade didática, considerando as limitações que tinha sentido em relação à tipologia de perguntas presentes nas tarefas da primeira.

Contudo, consideramos que o grau de abertura das tarefas propostas, ainda que seja relevante para criar um clima facilitador da argumentação, com particular destaque para as que incluem perguntas abertas e propõem percursos investigativos ou de resolução de problemas autênticos, é fundamental que as perspetivas do professor acerca da natureza do conhecimento se aproximem de uma visão pós-positivista e menos ortodoxa e que os docentes saibam como promover a argumentação em aula e reconheçam as potencialidades desse tipo de atividade discursiva no desenvolvimento de competências de pensamento dos alunos. Caso contrário, os professores tenderão a orientar o pensamento e discurso dos alunos e a limitar, ou até mesmo a eliminar, as hipóteses de divergência e de discussão ou debate que potencialmente possam surgir. Não

deixa de ser paradoxal que os professores tenham salientado que as perguntas abertas e mobilizadoras da reflexão crítica e raciocínio sejam as mais apropriadas para desenvolver a argumentação e que, na análise efetuada, este tipo de perguntas tenha estado pouco presente nas tarefas propostas.

Um outro aspeto que foi referido como fundamental para o emergir da argumentação nas aulas foi a realização de trabalho em grupo, uma vez que facilita o diálogo entre os alunos. Ainda que as professoras tenham recorrido a este tipo de estratégia, fizeram-no com ênfases diferenciadas. Contudo, em ambos os casos se notou que, independentemente do tempo dedicado àquele tipo de estratégia, a eficácia do trabalho desenvolvido pelos alunos está relacionada com a constituição dos grupos. Inicialmente, as professoras não formaram os grupos com base em critérios pedagógicos, tendo dado liberdade aos alunos para se agruparem. Tal situação favoreceu a constituição de alguns grupos disfuncionais, pouco eficazes na gestão do trabalho a realizar e em que o conflito relacional entre os elementos foi impeditivo de um clima de aula propício à abertura e disponibilidade para a discussão e debate, que implicam, nomeadamente, saber ouvir, falar e respeitar as ideias alheias. Assim, torna-se crucial a intervenção pedagógica dos professores no processo de constituição de grupos de trabalho para potenciar a discussão e o debate e, dessa forma, possibilitar a partilha de ideias e a argumentação na turma. É relevante que os professores tenham capacidade para decidir acerca da distribuição dos alunos na sala de aula para que a constituição dos grupos permita uma complementaridade de competências entre os seus elementos. Durante o processo de realização das tarefas os alunos têm que mobilizar diferentes saberes e competências. Salientamos que numa constituição heterogénea dos grupos, em termos de capacidades e competências desenvolvidas, cada aluno de um dado grupo deve poder assumir-se, em momentos distintos, como elemento mais competente, contribuindo para a promoção da sua autoestima académica positiva e para o desenvolvimento de competências (Almeida, & César, 2007).

Quanto aos padrões interativos e à abordagem comunicativa, as práticas podem caracterizar-se como tendencialmente tradicionais. Em coerência com o que tinha sido defendido na primeira fase da investigação, as professoras procuraram centrar o ensino nos alunos através do seu envolvimento na realização das tarefas propostas. Contudo, para além da tipologia de perguntas das tarefas prevalecente ter limitado a discussão e o debate em aula, também o discurso oral foi tendencialmente fechado e pouco fomentador

da argumentação. As interações presentes nas aulas seguiram, frequentemente, o padrão I-R-A, que durante o grupo focal foi considerado “castrante” e muito centrado no professor, pelo que inapropriado para desenvolver a argumentação dos alunos. Este padrão é recorrente quando os professores pretendem assegurar-se acerca do “que” é aprendido pelos alunos, em contextos educativos em que as provas externas são um elemento fulcral da avaliação dos alunos, como foi, aliás, afirmado pelos docentes, pelo que o “debitar”, associado ao discurso monológico, se torna uma estratégia mais “natural” que qualquer outra. É de notar que os alunos tiveram uma maior intervenção oral, formulando nomeadamente questões de maior nível cognitivo, sempre que as tarefas assumiram uma natureza aberta.

De uma forma geral, as práticas caracterizaram-se por uma desproporção na voz dos alunos e das professoras, durante as aulas. A abordagem comunicativa predominante foi a interativa e de autoridade. Ainda que se tenham identificado algumas oportunidades de intervenção oral dos alunos, estas foram essencialmente marcadas por frases curtas e, recorrentemente, para completar afirmações dos professores (Lemke, 1997). Contudo, as docentes atribuíram esta situação à dificuldade que os alunos têm em participar oralmente nas aulas, devido ao medo de exprimir as suas opiniões e de errar. Estes impedimentos são consequência de um ensino tradicional em que o erro é fortemente penalizado e não perspectivado como uma via de aprendizagem, conceção enraizada em professores e alunos.

A dialogicidade discursiva esteve limitada às poucas tarefas com perguntas de natureza aberta, tendo as práticas epistémicas relacionadas com a produção de conhecimento tido um maior destaque em relação às que implicaram a avaliação de conhecimento, o que, por si só, é revelador da preocupação das professoras em centrar as aulas na explicação e menos na argumentação. Afinal, os professores tendem a privilegiar as práticas que melhor conhecem e que consideram mais eficazes para a aprendizagem dos alunos (Sampson, & Blanchard, 2012) e a argumentação, não foi considerada como um dos processos que mais promovem a apropriação dos conteúdos conceptuais. Por outro lado, as professoras evidenciaram desconhecimento quanto ao “como”, isto é, como colocar em prática estratégias que impliquem o aprender a argumentar.

A formulação de perguntas orais esteve quase sempre centrada nas professoras. O padrão de questionamento observado evidenciou um elevado número de perguntas, ainda que na sua maioria de natureza retórica e de gestão. Contudo, as direcionadas para a

dimensão conceptual foram, essencialmente, de baixo nível cognitivo, colocadas com a finalidade de controlar aprendizagens de conhecimentos, essencialmente, substantivos. Ainda que estas perguntas tenham importância nos processos de ensino e de aprendizagem de conceitos e da dimensão factual da ciência, são, contudo, limitadoras do desenvolvimento de capacidades de pensamento e impossibilitam, se concebidas numa perspetiva tradicional, o envolvimento dos alunos na argumentação. Parece-nos, assim, desejável que haja um maior equilíbrio quanto à natureza das perguntas efetuadas, com formulação de mais questões mobilizadoras de pensamento avaliativo, se pretendemos desenvolver nos alunos um outro padrão de questionamento e um nível cognitivo mais elevado, tendente à emergência da argumentação. Contudo, como já referimos, não basta formular “boas” perguntas mas, também, dar mais relevância à voz dos alunos. Para que tal possa suceder, os professores têm que compreender que através de abordagens mais dialógicas, os alunos, também, aprendem; diremos mesmo, aprendem mais e melhor, desenvolvendo competências pertinentes para a sociedade do conhecimento (Hargreaves, 2003). No entanto, as professoras assumiram que continuam a recorrer, maioritariamente, a práticas expositivas e evidenciaram alguma falta de confiança nas capacidades dos alunos para argumentar. Porém, nos momentos mais propiciadores do dialogismo discursivo (p.e., tarefas investigativas), os alunos revelaram maior interesse nas atividades a realizar e envolveram-se em práticas epistémicas de avaliação do conhecimento.

Durante as aulas nunca foram estabelecidas quaisquer relações entre argumentação e ciência. As práticas das professoras não foram particularmente fomentadoras de controvérsia científica e as relações entre ciência-sociedade e ciência-tecnologia foram pontuais e, em algumas circunstâncias, assumiram um papel quase “decorativo” no desenrolar das aulas. Diversas imagens de ciência de orientação positivista foram identificadas no discurso das professoras. Foi transmitida uma imagem positiva da ciência, de subordinação da tecnologia face à ciência, assumida a natureza objetiva do conhecimento, que evolui, continuamente, de forma cumulativa. Como já referimos, estas características que inferimos a partir das observações efetuadas são coerentes com a dificuldade em promover práticas de argumentação científica, que não se coadunam com uma visão alternativa de ciência. Neste domínio, as professoras revelaram alguma incoerência entre o pensamento e o discurso, uma vez que afirmaram defender uma visão de ciência menos ortodoxa do que a que efetivamente se indicia através das suas ações discursivas e práticas de sala de aula.

Em síntese, as práticas pedagógicas que as professoras promoveram foram tendencialmente tradicionais, ainda que algumas atividades desenvolvidas tenham potencializado a argumentação científica. Contudo, o facto de o discurso ter sido substancialmente centrado no professor, com o intuito de promover uma visão monológica do conhecimento, contribuiu para dar uma abertura menor à construção de práticas de argumentação. Para que estas práticas argumentativas se materializem, torna-se imprescindível que os professores assumam novos papéis e novas metas de aprendizagem (McNeill, & Knight, 2013). Na linha das conclusões que a investigação realizada por estes autores permitiu identificar constata-se que os professores evidenciaram dificuldades em incorporar a argumentação nas suas aulas e que não têm CPC suficiente naquele domínio para alterarem substancialmente a suas práticas de sala de aula. Como refere Zohar (2008), é irrealista pensarmos que os professores vão adotar práticas de argumentação no quotidiano das aulas se não tiverem bons conhecimentos nesse domínio.

5.2.2 Dos constrangimentos da prática

Tendo em consideração que ensinar e aprender a argumentar exige roturas com práticas pedagógicas enraizadas na tradição expositiva dos assuntos escolares, decidimos ouvir e observar os docentes focando-nos nos constrangimentos que enfrentam nas práticas, pois esta é uma questão essencial para perceber impedimentos à implementação de argumentação nas aulas. De entre os diversos constrangimentos mencionados e observados durante a prática letiva, considerámos agrupá-los em três dimensões: (1) constrangimentos organizacionais; (2) constrangimentos conceptuais e (3) constrangimentos a nível do CPC.

No primeiro grupo, incluímos as dificuldades inerentes à gestão de tempo, frequentemente mencionada pelos docentes como um dos fatores mais limitativos de práticas de argumentação. Os professores consideraram que a atividade de argumentação é muito consumidora de tempo. Não é de estranhar este constrangimento pois argumentar implica que os alunos se envolvam (1) na apresentação de dados, de factos, de ideias a defender, (2) na elaboração de razões que relacionem esses dados, factos e ideias, (3) na audição atenta e crítica das ideias dos outros, (4) em raciocínios elaborados (Archilla, 2013). Para que os alunos estejam aptos a mobilizar este tipo de competências é

necessário tempo para as desenvolver. Não é algo que os professores possam transmitir e os alunos adquirir de forma passiva.

O consumo de tempo inerente ao desenvolvimento da atividade de argumentação, associado à extensão dos conteúdos programáticos da disciplina de Biologia e Geologia e ao facto de existir uma prova externa, de âmbito nacional, que os alunos têm de realizar para concluírem a formação de nível secundário e para acederem ao ensino superior, são razões para que os docentes sintam como “tempo gasto” o que atribuem ao desenvolvimento da argumentação. Afinal, torna-se mais fácil gerir e controlar o tempo destinado ao ensino e à aprendizagem de um dado assunto quando se recorre à transmissão retórica do produto da ciência, método que, segundo os docentes, é mais ‘natural’ e adaptado à preparação dos alunos para realizarem o exame nacional, facto que já tem vindo a ser descrito noutros estudos como o realizado por Lee e Lin (2005).

Contudo, o programa não se restringe a um conjunto de conteúdos conceptuais a ensinar e aprender, mas antes a um todo que inclui outro tipo de conteúdos (procedimentais, atitudinais), que contribuem para o desenvolvimento de várias competências. Assim, os docentes devem ter em conta que há outras abordagens possíveis na gestão dos conteúdos e que estes não são um fim em si mesmo mas, antes, um meio para permitir desenvolver capacidades e competências (Perrenoud, 1997) necessárias à (sobre)vivência numa sociedade altamente complexa e competitiva. Não se trata de “gastar tempo” com a argumentação mas, antes, permitir desenvolver o currículo através da argumentação. Desta forma, não só os alunos desenvolvem uma compreensão da ciência enquanto empreendimento social, como se favorece a sua formação científica, social e cívica tornando-os mais críticos, reflexivos e respeitadores dos outros, aprendendo a saber viver num mundo plural, em que a democracia deve ser um valor a defender.

Há, ainda, a considerar o uso que é feito do tempo útil para trabalhar com os alunos os conteúdos de diversas categorias contemplados no programa. Da análise que efetuámos, pudemos concluir que, em média, cerca de um terço do período de tempo das aulas foi ocupado com discursos de gestão e de agenda (mesmo quando não são contabilizados os períodos dedicados ao trabalho em grupo). Assim, uma gestão apropriada do tempo disponível poderá ser canalizada para o uso mais frequente de práticas de argumentação.

Para além da gestão do tempo, também, na primeira fase de observações, as dificuldades na constituição e funcionamento dos grupos se estabeleceu como um

obstáculo ao desenvolvimento de um clima de aula favorável ao respeito mútuo e à expressão livre de ideias e opiniões. Este constrangimento foi motivo para limitar, em dados momentos, a discussão e argumentação.

Os constrangimentos conceptuais dizem respeito às dificuldades evidenciadas na articulação das concepções sobre ciência e argumentação com a prática pedagógica desenvolvida. As professoras afirmaram terem sentido dificuldade em pensar sobre situações científicas capazes de gerarem desacordos, que consideraram como elemento relevante para fazer emergir a argumentação, pelo que recorreram, com mais frequência, ao uso de provas e menos a contextos polémicos. Tal dificuldade resulta de não terem conhecimento profundo sobre como se construíram os conhecimentos substantivos que lecionam, o que conduz a que o discurso mobilizado seja de natureza monológica, em grande parte das situações de ensino. Este constrangimento é coerente com o tipo de padrão interativo e de abordagem comunicativa predominantes nas aulas observadas. As professoras orientaram o discurso dos alunos, num conjunto diversificado de contextos (discussão de tarefas, trabalho laboratorial, entre outros), dando pouca oportunidade à dialogicidade, característica de práticas argumentativas, o que reforça, em parte, a dificuldade que afirmaram sentir em lidar com situações de imprevisibilidade e incerteza.

De entre os três grupos de constrangimentos, o que se refere ao domínio CPC ou pedagógico-didático, é o que mais se destaca enquanto elemento dissuasor de implementação de um ensino intencionalmente orientado para o desenvolvimento da argumentação científica pelos alunos, ainda que o consideremos articulado com os dois grupos de constrangimentos anteriores. Foram nele incluídas, a dificuldade que as professoras revelaram: (1) na produção das tarefas, em particular, na elaboração de perguntas abertas que permitissem, nomeadamente, a discussão em torno de percursos científicos alternativos na análise dos conteúdos conceptuais; (2) numa gestão eficaz das discussões, quando esteve em causa o confronto de respostas a perguntas abertas, orais ou escritas; (3) em centrar nos alunos, o processo de ensino, dando-lhes oportunidades para se fazerem ouvir.

Os constrangimentos no domínio do CPC operacionalizaram-se nas dificuldades sentidas pelas docentes em implementar na prática as suas ideias sobre como envolver os alunos na argumentação. As professoras consideraram que a formação contínua não tem dado resposta para lidar com os novos desafios que têm de enfrentar numa escola mais inclusiva, multicultural e em que se pretende ensinar e aprender de forma mais ativa e

tendo como finalidade o desenvolvimento de competências necessárias ao século XXI. Estes e outros constrangimentos parecem ser transversais a várias investigações concretizadas neste domínio (Sampson, 2009; Sampson, & Blanchard, 2012; Zembal-Saul et al., 2002). Nestes estudos os professores mencionaram que: (1) a argumentação é uma prática discursiva de elevada complexidade, pelo que os alunos com maiores dificuldades não estarão aptos a envolverem-se nelas. Assim sendo, são práticas adequadas somente para os “bons” alunos; (2) a necessidade de os alunos estarem na posse de conhecimentos científicos prévios para argumentar, pode limitar a discussão e o debate; (3) o facto de não terem formação específica na área da argumentação e o nunca terem sido ensinados a sustentar explicações com provas. Os participantes do presente estudo também focaram estas dificuldades mais centradas nos alunos, tendo salientado a linguagem comum e científica e o nível das competências desenvolvidas ao nível do ciclo de ensino anterior como elementos condicionadores da intervenção ativa dos alunos nas aulas.

Todas as condicionantes apontadas levam-nos a afirmar que as instituições ligadas à formação de professores devem procurar promover programas de desenvolvimento profissional de elevada qualidade, com o objetivo de fomentar a capacidade crítica dos docentes em relação às suas práticas pedagógicas. Como referem Simon, Erduran e Osborne (2006) a este propósito, esses programas devem: (1) contemplar a imersão dos professores em projetos de investigação, que os levem a vivenciar processos de inquérito, de questionamento e de experimentação, ou seja, de construção do conhecimento, (2) ser intensivos e sustentados, prevendo nomeadamente processos de monitorização; (3) envolver os professores em tarefas de ensino concretas, partindo dos respetivos saberes profissionais; (4) ser focados nas competências de conhecimento substantivo; (5) demonstrar aos docentes como relacionar o seu trabalho específico com o currículo e (6) estar relacionados com outros aspetos de mudança. Os resultados das investigações realizadas pelos mesmos autores referem, ainda, a importância desses programas se centrarem na compreensão do papel fundamental que as provas e a argumentação desempenham em ciência e nas finalidades de uma educação científica de qualidade.

5.2.3 Contributos da reflexão sobre as práticas no desenvolvimento pessoal e profissional docente

Ainda que nesta investigação não tenha sido intencionalmente concebido qualquer processo específico de formação docente sobre argumentação científica, tornou-se

evidente que os momentos de partilha de opiniões e de informação que surgiram nas duas fases do estudo foram importantes para a reformulação de ideias e, até, de práticas (ainda que em termos mais restritos) dos participantes. Como refere Schön (1983, 1987), a reflexão sobre a ação e sobre a reflexão na ação são elementos fundamentais para o desenvolvimento profissional.

A aprendizagem ao longo da vida é absolutamente necessária no contexto da profissão docente, considerando que os progressos no domínio do conhecimento científico, didático e pedagógico são por demais notórios. No entanto, para que essa aprendizagem frutifique é necessário que os professores desenvolvam um real interesse e motivação para investir no seu desenvolvimento profissional e pessoal. Os participantes deste estudo aderiram, de livre e espontânea vontade, a este processo de aprendizagem e, desta forma, constituiu-se uma comunidade de prática que debateu, discutiu e, estamos em crer, cresceu profissionalmente e pessoalmente, uma vez que, conforme afirmaram, foi um processo vivenciado de forma intensa e interessada. Como referiram repetidamente os participantes, os professores vivem a sua profissão em isolamento e com a criação destas comunidades quebram-se barreiras que os levam a questionar e a refletir sobre as suas concepções e sobre o seu saber prático.

O desejo de melhorar e refletir são elementos fundamentais para o progresso do CPC (Kind, 2009). A reflexão partilhada favorece o questionamento e a passagem do descritivo ao interpretativo. No estudo presente, as professoras participantes da Fase II consideraram as entrevistas como momentos essenciais para espoletar a reflexão, a partir da leitura da transcrição das aulas e do questionamento do investigador. Estes momentos permitiram explicitar a ação na prática e refletir a partir dessa mesma ação. Ao confrontarem-se com a transcrição das aulas, as professoras procuraram estabelecer relações entre as suas concepções e a prática, tendo referido, diversas vezes, a incoerência existente entre elas. Compreenderam a inadequabilidade de grande parte das práticas em termos da promoção da argumentação científica dos alunos, aprofundaram dúvidas e procuraram respostas. Contudo, a passagem das concepções às práticas não é linear e as professoras sentiram dificuldades em operacionalizar as suas ideias. Daí que tenham defendido a relevância do trabalho colaborativo e a criação de redes coletivas de trabalho. Estas redes devem implicar um trabalho de monitorização entre pares, com a participação de instituições de formação de professores como parceiras num processo de

desenvolvimento profissional e pessoal que contribua para formar professores profissionalmente emancipados.

As reflexões sobre a prática permitiram desenvolver nos docentes inquietações que facilitaram o emergir de uma consciência crítica sobre o trabalho realizado, no que concerne ao envolvimento dos alunos na argumentação científica. Contudo, uma longa distância vai das intenções à prática e a mudança é um processo lento e que deve ser sustentado (Fullan, 2007). Mudança que nunca foi um objetivo explícito deste projeto e que acabou por surgir, quer no discurso das docentes, quer em alguns momentos da prática. De facto, não é possível dissociar inovação do ensinar e aprender a argumentar, uma vez que para tal tem de existir uma rutura com os papéis tradicionalmente assumidos pelos professores e pelos alunos. A valorização de uma epistemologia da prática e da reflexão a partir da ação (Roldão, 2007a) são, com certeza, fatores essenciais num processo de desenvolvimento profissional e pessoal que pretenda apoiar a aprendizagem dos professores e, dessa forma, dar-lhes a autonomia e capacidade necessárias para essa mesma mudança.

5.3 Limitações do estudo

Este estudo apresenta algumas limitações em termos metodológicos e de análise de dados, nas duas fases em que foi estruturado o trabalho empírico.

Na fase I, a amostra do estudo quantitativo não é representativa da população selecionada. Como referimos em capítulo anterior, decidimos constituir uma amostra probabilística por *clusters*, atendendo à distribuição geográfica dos estabelecimentos de ensino. Contudo, o número de questionários devolvidos foi inferior ao necessário para que os resultados pudessem ser generalizados à população, talvez devido à sua grande extensão e exigência conceptual. Porém, esses dados foram usados nas sessões de grupo focal e no presente documento, atendendo, por um lado, ao facto de se referirem ao posicionamento de uma amostra alargada de professores e, por outro, por termos considerado a natureza exploratório da fase I do estudo.

Outra limitação prende-se com a validação estatística do questionário. Atendendo ao prazo curto de que dispúnhamos entre enviar e receber os questionários e iniciar os contactos conducentes à constituição do grupo focal, não houve oportunidade de distribuir a versão exploratória do questionário a uma amostra inicial representativa.

Assim, optámos por consultar alguns docentes que se disponibilizaram para preencher essa versão preliminar do questionário, participando no estudo piloto. Em seguida, foram efetuados os ajustamentos considerados adequados, face às sugestões e respostas obtidas no referido estudo piloto.

Não pudemos controlar o processo de preenchimento dos questionários, considerando a elevada dimensão da amostra e o número de estabelecimentos de ensino envolvidos. Outro aspeto prende-se com a impossibilidade de asseverar a sinceridade das respostas dadas aos vários itens do questionário, ainda que tenhamos assegurado o anonimato de quem participou no seu preenchimento. Esta falta de sinceridade leva, necessariamente, ao enviesamento da interpretação dos resultados (Cohen, Manion, & Morisson, 2007).

Em relação à etapa 2, da fase I do estudo (grupo focal), teria sido oportuno que o grupo de participantes correspondesse, o mais possível, às características da amostra. Contudo, a seleção dos professores foi um processo complexo, atendendo aos horários dos docentes e o grupo constituído apresentava alguma proximidade em termos de idade e experiência profissional. Consideramos, ainda, que o tempo destinado a cada sessão se revelou adequado, ainda que a extensão dos temas tenha limitado a profundidade da abordagem, pelo que, em determinados assuntos, teria sido oportuno explorar de outra forma as ideias e opiniões dos participantes, ou alargando o número de sessões ou circunscrevendo os temas e as questões. O limite de tempo foi também um constrangimento na realização de algumas tarefas; nomeadamente, os professores não tiveram oportunidade de refletir aprofundadamente sobre os conceitos relativos ao PAT, o que pode ter condicionado a sua compreensão sobre os diferentes elementos que o constituem, influenciando os resultados relativos à construção e análise de um argumento.

A participação oral dos elementos do grupo focal também não foi equiparada, uma vez que respeitámos a liberdade de intervenção dos participantes e cada um tinha o direito de se remeter ao silêncio, se assim o pretendesse. Desta forma, algumas vozes poderiam ter estado mais presentes, de forma a contemplar uma maior pluralidade de ideias.

Na fase 2, descrevemos e analisámos dois estudos de caso. Assim, os resultados obtidos não são generalizáveis, ainda que, como focámos no capítulo 3, cada leitor tenha a oportunidade de proceder a uma generalização naturalista (Stake, 2009) ao analisar os resultados à luz do seu próprio contexto e vivência profissional. Esses resultados também

contêm limitações uma vez que fomos o único observador a registar ocorrências ao longo das aulas. Contudo, procurámos efetuar uma triangulação de dados ao gravar, em áudio, todas as aulas observadas e ao ouvir a voz das professoras sobre a sua ação durante as entrevistas e a dar voz, também, aos alunos. Há, ainda, a considerar a subjetividade inerente à recolha de informações obtidas, uma vez que outros olhares poderiam ter contribuído para efetuar questões diversas das que estão patentes nos vários guiões.

A análise e o tratamento dos dados foram tarefas essencialmente solitárias, ainda que monitorizadas pela orientadora deste trabalho. Assim, as nossas próprias conceções, ainda que orientadas teoricamente, influenciaram a leitura desses mesmos dados e a criação das diferentes categorias. Outro(s) investigador(es) poderia(m) ter outra perspetiva e orientação nesse processo. Queremos, pois, tornar claro que este relato é pessoal e único decorrente da perspetiva e vivência do investigador, em resultado das suas leituras, reflexões, vivências pessoais e profissionais, bem como de partilha de conhecimentos com todos os atores do presente trabalho.

5.4 Sugestões para futuras investigações

Ainda que a argumentação científica, em contexto escolar, seja uma das áreas em que mais investigação se tem realizado nos últimos anos em didática das ciências, no contexto internacional, em Portugal ainda se estão a dar os primeiros passos neste campo de estudo. Assim, muitas oportunidades de investigação surgem para explorar vertentes que neste trabalho estão omissas. Em seguida, referimos três linhas de investigação no âmbito da temática abordada.

Como já demos a conhecer, não foi objetivo desta investigação analisar os argumentos produzidos, em contexto de aula, quer pelos professores, quer pelos alunos. Há inúmeras investigações internacionais e algumas nacionais que informam acerca da qualidade dos argumentos produzidos pelos alunos. Contudo, consideramos que será importante efetuar estudos que permitam avaliar a qualidade dos argumentos científicos elaborados pelos professores e, até, procurar identificar relações com os que são construídos pelos alunos.

Pode, também, ser concebido e implementado um programa de desenvolvimento profissional na área da argumentação científica, a partir de redes de trabalho colaborativo com a participação de instituições de formação de professores, cuja finalidade seja a de envolver os professores em processos de investigação científica, questionamento e

experimentação, tal como é proposto por outros estudos (Simon, Erduran, & Osborne, 2006). Os objetivos serão o de compreender de que forma a implicação dos docentes nesse tipo de programa contribui para a construção das suas concepções sobre argumentação, para a percepção da sua importância no contexto escolar e/ou científico e que implicações terá nas práticas docentes futuras. Neste contexto, seria importante realizar um estudo longitudinal que monitorizasse o trabalho dos professores ao longo de alguns anos.

Por fim, na continuidade de projetos de investigação recorrendo a redes de trabalho colaborativo, parece-nos relevante que existam estudos em torno da construção, implementação e avaliação de tarefas de sala de aula promotoras da argumentação científica para os vários níveis de escolaridade. Esta sugestão tem em consideração resultados de investigações recentes que vêm apontar que a dificuldade que os professores revelam na construção desse tipo de tarefas (os resultados do presente estudo vêm apoiar esta conclusão) e a quase inexistência de materiais didáticos neste campo (Sampson, & Blanchard, 2012) são das maiores limitações à implementação de práticas de sala de aula que envolvam os alunos na argumentação científica. Recentemente, começaram a surgir algumas obras, no contexto internacional, que pretendem colmatar esta limitação (Puig, Bravo, & Jiménez-Aleixandre, 2012; Sampson, & Schleigh, 2013); contudo, em Portugal, desconhecemos qualquer trabalho nesta linha.

5.5 Um breve apontamento final

Muito recentemente, a propósito da celebração do vigésimo aniversário do Dia Mundial dos Professores que se celebra neste ano de 2014, diretores gerais e executivos de diversas organizações das Nações Unidas, como a UNESCO e UNICEF, redigiram uma mensagem a toda a população em que demonstram a valorização da função docente na formação dos jovens que terão de enfrentar grandes desafios futuros, num mundo cada vez mais globalizado. Nesse texto, os autores exortam os Estados a dignificar a profissão docente e a investir numa formação de qualidade dos professores:

As crianças e os jovens estão no coração da sociedade. Uma boa educação permite-lhes, como cidadãos globais, responder aos desafios de um mundo complexo e contribui para erigir comunidades sustentáveis e pacíficas. O professor de hoje e de amanhã necessita ter as competências, conhecimentos e apoio que os capacite para lidar com as várias necessidades de aprendizagem de cada criança. Devemos recordar

que os professores são um investimento do futuro. (I. Bobokova, G. Ryder, A. Lake, H. Clark, D. van Leewen, comunicação pessoal, Outubro 5, 2014).

Para aqueles dirigentes, investir nos professores é investir no futuro. Esta mensagem tem particular significado num momento em que algumas políticas têm procurado mercantilizar a educação, desvalorizando a formação integral do indivíduo e o desenvolvimento de competências essenciais ao século XXI. Entre estas competências encontram-se as relacionadas com a argumentação, considerando os desafios que as novas tecnologias de informação e comunicação vieram trazer ao permitirem a circulação de informação a uma velocidade e quantidade impensável há algumas décadas atrás. Por este mesmo motivo, o papel dos professores e dos alunos tem tendência a alterar-se, surgindo já nos meios de comunicação social alguns artigos sobre ‘a escola do futuro’. Futuro esse que é já hoje. Afinal, os professores sentem na pele os desafios a que diariamente são submetidos ao terem que lidar com uma quantidade de informação avassaladora e que coloca em causa a noção de um conhecimento estável e duradouro, típica da era anterior à revolução tecnológica, oriunda do final do século XX. Daí que seja tão importante que os professores desenvolvam as suas competências no domínio da argumentação científica.

Durante décadas, o ensino enciclopédico esteve vocacionado para o debitar, memorizar e saber de cor, coisas que, grande parte das vezes, eram quase incompreensíveis e, acima de tudo, inúteis para o quotidiano dos cidadãos. Hoje, devemos estar tão ou mais preocupados com o “como chegámos até aqui?” do que com o conhecimento retórico que continua a invadir as salas de aula, através de métodos pouco motivadores e desenquadrados da sociedade do conhecimento. É urgente compreender como se pode avaliar o conhecimento, no sentido de lhe atribuir maior confiabilidade. Contudo, mudar concepções é, além de moroso, extraordinariamente doloroso pois implica colocar em causa muitas das aprendizagens, mitos e ideias que temos e das quais raramente duvidamos. Mudar práticas é, na nossa perspetiva, ainda mais difícil uma vez que gera insegurança perante a inovação que se exige e porque continuamos arreigados a processos de ensino e de aprendizagem que vivenciámos enquanto alunos e professores, durante tantos anos. Por tudo isto, este trabalho representou um enorme desafio para os vários participantes e para as professoras (e alunos) que, de forma corajosa, abriram as portas das suas aulas à nossa presença. Foi, também, com elas que crescemos profissionalmente e pessoalmente por tudo o que nos permitiram comentar, criticar,

refletir e, acima de tudo, aprender... a argumentar nos momentos de partilha que vivemos conjuntamente. Que o ser professor se reinvente numa época de tão grandes desafios como a atual!

APÊNDICES

APÊNDICE I

**Versão final do questionário
dos professores**

QUESTIONÁRIO

Este questionário insere-se no âmbito de uma investigação relacionada com a argumentação científica no ensino das ciências, que está a ser desenvolvida no Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, e destina-se a professores de Biologia e Geologia, do Ensino Secundário. É constituído por 4 partes (I, II, III e IV) que têm finalidades diferenciadas. A resposta a todos os itens é essencial para a continuidade do estudo, pelo que lhe solicito a melhor colaboração no seu preenchimento. A confidencialidade dos dados encontra-se assegurada, não tendo este instrumento qualquer função avaliativa e não existindo respostas corretas ou incorretas. Assim, solicito-lhe a maior sinceridade no seu preenchimento.

PARTE I

Solicita-se que em relação aos próximos itens, de **1. a 7.**, assinale com um X a opção correspondente ao seu caso. Nos itens **8. e 9.**, deve responder de acordo com o solicitado.

1. Sexo: ☐ Feminino ☐ Masculino

2. Idade: ☐ ≤ 25 anos

☐ 26 – 35 anos

☐ 36 – 45 anos

☐ 46 – 55 anos

☐ ≥ 56 anos

3. Número de anos de serviço docente: ☐ ≤ 5 anos

☐ 6 – 10 anos

☐ 11 – 15 anos

☐ 16 – 20 anos

☐ 21 – 25 anos

☐ 26 – 30 anos

☐ ≥ 31 anos

4. Categoria profissional: ☐ Professor(a) do quadro

☐ Professor(a) contratado(a)

5. Área científica na formação inicial: ☐ Biologia

☐ Geologia

☐ Biologia e Geologia

☐ Outra. Qual? _____

6. Habilitação académica (assinalar a mais elevada):

- ☐ Bacharelato
- ☐ Licenciatura
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutoramento
- ☐ Outra. Qual? _____

7. Habilitação profissional: ☐ Estágio clássico

- ☐ Profissionalização em serviço
- ☐ Ramo de formação educacional (licenciatura em ensino)
- ☐ Outra. Qual? _____

8. Disciplina(s) e ano(s) de escolaridade, do Ensino Secundário, que está a lecionar no ano letivo 2009/2010:

9. Disciplina(s) e ano(s) de escolaridade respetivo(s), do Ensino Secundário, que lecionou nos últimos 2 anos letivos:

Ano 2007/2008: _____

Ano 2008/2009: _____

PARTE II

Em seguida, vai encontrar quatro secções (**A a D**), cada uma delas contendo pares de afirmações que se referem a opiniões diversas sobre ciência. Neste questionário não há respostas corretas ou incorretas, sendo a sua finalidade conhecer a sua posição em relação a cada um dos pares de afirmações apresentados. Leia, atentamente, o significado de cada um dos números (de **1 a 5**) e, para cada par de afirmações, assinale com uma circunferência, o número que melhor descreve a sua posição.

Escala

- 1** – Concordo totalmente com o ponto de vista A e discordo totalmente do ponto de vista B.
- 2** – Concordo com ambos os pontos de vista, mas concordo mais com A do que com B.
- 3** – Concordo igualmente com ambos os pontos de vista.
- 4** – Concordo com ambos os pontos de vista, mas concordo mais com B do que com A.
- 5** – Concordo totalmente com o ponto de vista B e discordo totalmente do ponto de vista A.

Secção A – Qual é a natureza do conhecimento científico?

Quando pensa no corpo de conhecimentos que foi criado pelo trabalho dos cientistas, como o descreveria? As afirmações de **10. a 15.** descrevem o conhecimento científico sob pontos de vista diferentes. Assinale o ponto de vista com que mais concorda usando, a escala antes apresentada.

	Ponto de vista A	Escala	Ponto de vista B
10.	O conhecimento científico descreve a realidade tal como ela é e a forma como funciona.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico representa apenas uma possível explicação ou descrição da realidade.
11.	O conhecimento científico deve ser considerado provisório.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico deve ser considerado como certo.
12.	O conhecimento científico é subjetivo.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico é objetivo.
13.	O conhecimento científico não se altera, a partir do momento em que é descoberto.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico é geralmente alterado ao longo do tempo, fruto de novas investigações e perspetivas.
14.	O conceito de “espécie” foi inventado pelos cientistas como forma de descrever a vida na Terra.	1 2 3 4 5	O conceito de “espécie” é uma característica inerente à vida na Terra; é completamente independente da forma como os cientistas pensam.
15.	A melhor forma de descrever o conhecimento científico é considerá-lo como um conjunto de factos acerca do mundo.	1 2 3 4 5	A melhor forma de descrever o conhecimento científico é considerá-lo como uma tentativa de descrição e de explicação sobre o funcionamento do mundo.

Secção B – Como se produz conhecimento científico?

Quando pensa no que fazem os cientistas para a produção de conhecimento científico, como descreve esse processo? As afirmações de 16. a 21. descrevem diferentes pontos de vista relacionados com a produção de conhecimento científico. Assinale o ponto de vista com que mais concorda, usando a escala antes apresentada.

	Ponto de vista A	Escala	Ponto de vista B
16.	As experiências são importantes em ciência porque podem ser utilizadas para gerar evidências fidedignas.	1 2 3 4 5	As experiências são importantes em ciência porque permitem provar as ideias como certas ou erradas.
17.	Toda a ciência se fundamenta num único método científico.	1 2 3 4 5	Os métodos utilizados pelos cientistas variam consoante as finalidades da investigação e da disciplina.
18.	Os métodos utilizados para produzir conhecimento científico são baseados mais num conjunto de técnicas do que num conjunto de valores.	1 2 3 4 5	Os métodos utilizados para produzir conhecimento científico são baseados mais num conjunto de valores do que num conjunto de técnicas.
19.	A ciência é melhor descrita como um processo de exploração e de trabalho experimental.	1 2 3 4 5	A ciência é melhor descrita como um processo de explicação e de argumentos.
20.	Uma experiência é utilizada para testar uma ideia.	1 2 3 4 5	Uma experiência é utilizada para fazer novas descobertas.

21.	Na comunidade científica são habituais os debates e discussões que se centram nos produtos, nos processos e no contexto da investigação.	1 2 3 4 5	Na comunidade científica são raros os debates e discussões que se centram nos produtos, nos processos e no contexto da investigação.
-----	--	-------------------	--

Secção C – O que se considera como conhecimento científico válido e fidedigno?

Uma das principais reivindicações da ciência é que nela se produz conhecimento válido e fidedigno sobre o mundo natural. As afirmações de **22. a 28.** descrevem diferentes pontos de vista sobre o que se considera como conhecimento científico válido e fidedigno. Assinale o ponto de vista com que mais concorda, usando a escala antes apresentada.

	Ponto de vista A	Escala	Ponto de vista B
22.	O conhecimento científico apenas pode ser considerado fidedigno se os métodos, os dados e a interpretação do estudo tiverem sido partilhados e criticados.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico só pode ser considerado fidedigno se estiver bem apoiado em evidências.
23.	O método científico pode proporcionar provas inequívocas.	1 2 3 4 5	É impossível reunir evidências suficientes para provar que algo é verdadeiro.
24.	Se os dados tiverem sido obtidos através de trabalho experimental, podem ser considerados como fidedignos e confiáveis.	1 2 3 4 5	A fidedignidade e a confiança dos dados devem ser sempre questionadas.
25.	Os cientistas sabem que os átomos existem porque efetuaram observações que apenas se podem explicar pela existência dessas partículas.	1 2 3 4 5	Os cientistas sabem que os átomos existem porque os observaram utilizando instrumentos de alta tecnologia.
26.	O enviesamento e os erros são inevitáveis durante uma investigação científica.	1 2 3 4 5	Se uma investigação científica for realizada corretamente, os erros e o enviesamento serão eliminados.
27.	Uma teoria deve ser considerada incorreta se existir um simples facto que a contradiga.	1 2 3 4 5	Uma teoria pode continuar a ser útil mesmo que um ou mais factos a contradigam.
28.	Os cientistas podem ter a certeza de que um produto químico é cancerígeno se descobrirem que há uma maior incidência de cancro entre as pessoas que trabalharam com esse produto, relativamente a outras que nunca trabalharam com ele.	1 2 3 4 5	Os cientistas podem apenas supor que um produto químico é cancerígeno se descobrirem que há uma maior incidência de cancro entre as pessoas que trabalharam com esse mesmo produto, relativamente a outras que nunca trabalharam com ele.

Secção D – Que papel desempenham os cientistas na produção de conhecimento científico?

As afirmações de **29. a 35.** descrevem diferentes pontos de vista sobre como são e o que fazem os cientistas. Assinale o ponto de vista com que mais concorda, usando a escala antes apresentada.

	Ponto de vista A	Escala	Ponto de vista B
29.	Para interpretar os dados que recolhem, os cientistas têm de apoiar-se nos seus conhecimentos anteriores, na lógica e na criatividade.	1 2 3 4 5	Para interpretar os dados recolhidos, os cientistas devem apoiar-se somente na lógica, e devem evitar utilizar a criatividade e os seus conhecimentos anteriores.
30.	Os cientistas são influenciados por fatores sociais, pelas suas convicções e por investigações anteriores.	1 2 3 4 5	Os cientistas são objetivos, pelo que os fatores sociais e as suas convicções não influenciam o seu trabalho.
31.	Os cientistas bem-sucedidos são mais competentes na utilização do método científico do que os mal sucedidos.	1 2 3 4 5	Os cientistas bem-sucedidos são capazes de persuadir melhor os outros membros da comunidade científica do que os mal sucedidos.
32.	Dois cientistas (com a mesma competência) que analisem os mesmos dados, irão chegar às mesmas conclusões.	1 2 3 4 5	Dois cientistas (com a mesma competência) que analisem os mesmos dados, com frequência chegam a conclusões diferentes.
33.	As convicções pessoais e a formação de um cientista influenciam o que ele pensa que é relevante como evidência.	1 2 3 4 5	O que conta como evidência é o mesmo para todos os cientistas.
34.	As observações do mesmo fenómeno efetuadas por dois cientistas serão as mesmas.	1 2 3 4 5	As observações do mesmo fenómeno, realizadas por dois cientistas diferentes, podem ser diferentes.
35.	É seguro assumir que as conclusões dos cientistas são exatas porque eles são especialistas na sua área.	1 2 3 4 5	As conclusões dos cientistas podem ser incorretas, ainda que eles sejam especialistas na sua área.

Esta parte do questionário foi traduzida e adaptada de Sampson, V., & Clark, D.B. (2006). *The development and validation of the Nature of Science as Argument Questionnaire (NSAAQ)*.

PARTE III

Os seguintes enunciados referem opiniões diversas sobre várias dimensões relacionadas com a argumentação científica e o ensino das ciências. Neste questionário não há respostas corretas ou incorretas, sendo a sua finalidade conhecer a sua posição em relação a esses enunciados. Assim, peço-lhe que se posicione em relação a cada um dos enunciados, utilizando uma escala e **1 (Discordo)** até **4 (Concordo)**. À frente de cada enunciado, assinale com uma circunferência, o número que mais se adequa à sua posição.

Escala:

- 1 – Discordo
 2 – Inclinado a discordar
 3 – Inclinado a concordar
 4 – Concordo

	Enunciados	Escala
36.	A argumentação científica é muito importante no ensino das ciências.	1 2 3 4
37.	Saber argumentar cientificamente é uma competência essencial na sociedade atual.	1 2 3 4
38.	A argumentação é um processo essencial na construção da ciência.	1 2 3 4
39.	O desenvolvimento da argumentação científica facilita as aprendizagens previstas nos programas das disciplinas de Biologia e Geologia.	1 2 3 4
40.	O ensino da argumentação deve ser realizado noutras disciplinas que não as de cariz científico (por ex: Português, Filosofia).	1 2 3 4
41.	A persuasão é fundamental no processo de argumentação científica.	1 2 3 4
42.	As evidências científicas são essenciais na defesa de um determinado enunciado.	1 2 3 4
43.	Nas minhas práticas de sala de aula, há momentos destinados a desenvolver, nos alunos, a argumentação científica.	1 2 3 4
44.	Os alunos apresentam dificuldades em argumentar cientificamente.	1 2 3 4
45.	Argumentar cientificamente é estabelecer relações entre factos / teorias e conclusões.	1 2 3 4
46.	Nas aulas em que se realizam atividades de argumentação, os alunos fazem muita confusão e barulho, prejudicando as aprendizagens.	1 2 3 4
47.	É preferível que os alunos aprendam conhecimentos científicos do que desenvolvam a argumentação.	1 2 3 4
48.	Os exames nacionais não avaliam as competências de argumentação científica.	1 2 3 4
49.	Tenho dificuldades em distinguir um “bom argumento” de um “mau argumento”.	1 2 3 4
50.	Os alunos com dificuldades de aprendizagem dificilmente desenvolvem competências de argumentação científica.	1 2 3 4
51.	Num modelo de ensino centrado no professor, as competências de argumentação dificilmente serão desenvolvidas pelos alunos.	1 2 3 4
52.	O diálogo entre os alunos, na sala de aula, é essencial se se pretender que os mesmos desenvolvam a argumentação científica.	1 2 3 4
53.	Os conteúdos conceptuais presentes nos programas de Biologia e de Geologia, do ensino secundário, proporcionam oportunidades para desenvolver a argumentação científica.	1 2 3 4
54.	Nas minhas planificações, preocupo-me em contemplar atividades de sala de aula que permitam o desenvolvimento da argumentação científica nos alunos.	1 2 3 4
55.	A discussão entre os alunos é a atividade mais adequada para o desenvolvimento da argumentação científica.	1 2 3 4
56.	Os conteúdos conceptuais da disciplina de Biologia são mais adequados para desenvolver atividades de argumentação com os alunos do que os da disciplina de Geologia.	1 2 3 4
57.	A minha formação científica e pedagógica permite-me ter à-vontade para implementar, em sala de aula, atividades que se centrem na	1 2 3 4

	argumentação científica.				
58.	A formação inicial e a formação contínua de professores deveria contemplar a abordagem da temática da argumentação científica.	1	2	3	4
59.	Os trabalhos experimentais não são apropriados para o desenvolvimento da argumentação científica nos alunos.	1	2	3	4

PARTE IV

60. Comente a afirmação seguinte relativa à argumentação científica:

“É mais fácil argumentar sobre assuntos científicos polémicos do que sobre assuntos científicos consensuais”.

No final, não se esqueça, por favor, de **verificar se respondeu a todos os 60 itens** que constituem este questionário. A resposta a todos eles é fundamental para tentar compreender o que pensam os professores de Biologia e Geologia sobre a argumentação científica e o seu papel no ensino das Ciências.

Caso esteja interessada(o) em participar, de forma mais ativa, na continuidade deste projeto de investigação, agradeço que deixe os seus dados de correio eletrónico e/ou contacto telefónico, a fim de poder contactá-la(o), apresentando mais detalhadamente os seus objetivos. Em alternativa, pode contactar-me através do seguinte endereço de correio eletrónico: projectoargum@gmail.com.

Endereço de correio eletrónico: _____

Contacto telefónico: _____

Data: ____/____/2010

Muito obrigado pela sua colaboração.

APÊNDICE II

**Versão piloto do questionário
dos professores**

QUESTIONÁRIO

Este questionário insere-se no âmbito de uma investigação relacionada com a argumentação científica no ensino das ciências e destina-se a professores de Biologia e Geologia, do Ensino Secundário. É constituído por 4 partes (I, II, III e IV) que tendo finalidades diferenciadas, são fundamentais para a continuidade do estudo. A resposta a todos os itens é essencial, pelo que lhe solicito a sua melhor colaboração no seu preenchimento. O anonimato encontra-se preservado, não tendo este instrumento qualquer função avaliativa e não existindo respostas corretas ou incorretas. Assim, solicito-lhe a maior sinceridade no seu preenchimento.

PARTE I

Solicita-se que em relação aos próximos itens, de **1. a 6.**, assinale com um X a opção correspondente ao seu caso. Nos itens **7. e 8.**, deve responder de acordo com o solicitado.

4. Género: ☐ Feminino ☐ Masculino
5. Idade: ☐ ≤ 25 anos
☐ 26 – 35 anos
☐ 36 – 45 anos
☐ 46 – 55 anos
☐ ≥ 56 anos
6. Número de anos de serviço docente: ☐ ≤ 5 anos
☐ 6 – 10 anos
☐ 11 – 15 anos
☐ 16 – 20 anos
☐ 21 – 25 anos
☐ 26 – 30 anos
☐ ≥ 31 anos
7. Formação científica na formação inicial: ☐ Biologia
☐ Geologia
☐ Biologia e Geologia
☐ Outra. Qual? _____

8. Habilitação académica: ☐ Bacharelato

☐ Licenciatura

☐ Mestrado

☐ Doutoramento

☐ Outra. Qual? _____

9. Habilitação profissional: ☐ Estágio clássico / integrado

☐ Profissionalização em serviço

☐ Ramo de formação educacional (licenciatura em ensino)

☐ Outra. Qual? _____

10. Disciplina(s) e ano(s) de escolaridade que está a lecionar no ano letivo 2009/2010:

11. Disciplina(s) e ano(s) de escolaridade respetivo(s) que lecionou nos últimos 2 anos letivos:

Ano 2007/2008: _____

Ano 2008/2009: _____

PARTE II

Em seguida, vai encontrar quatro secções (**A a D**), cada uma delas contendo pares de afirmações que se referem a opiniões diversas sobre a ciência. Neste questionário não há respostas corretas ou erradas, sendo a sua finalidade conhecer a sua posição em relação a cada um dos pares de afirmações apresentados. Leia, atentamente, o significado de cada um dos números (de **1 a 5**) e assinale com uma circunferência, aquele que melhor descreve a sua posição, por cada par de afirmações.

Escala

1 – Concordo totalmente com o ponto de vista A e discordo totalmente do ponto de vista B.

2 – Concordo com ambos os pontos de vista, mas concordo mais com A do que com B.

3 – Concordo igualmente com ambos os pontos de vista.

4 – Concordo com ambos os pontos de vista, mas concordo mais com B do que com A.

5 – Concordo totalmente com o ponto de vista B e discordo totalmente do ponto de vista A.

Secção A – Qual é a natureza do conhecimento científico?

Quando pensa no corpo de conhecimentos que foi criado pelo trabalho dos cientistas, como o descreveria? As afirmações apresentadas descrevem o conhecimento científico sob pontos de vista diferentes. Assinale o ponto de vista com que mais concorda usando, a escala acima discriminada.

	Ponto de vista A	Escala	Ponto de vista B
9.	O conhecimento científico descreve a realidade tal como ela é e a forma como funciona.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico representa apenas uma possível explicação ou descrição da realidade.
10.	O conhecimento científico deve ser considerado provisório.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico deve ser considerado como certo.
11.	O conhecimento científico é subjetivo.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico é objetivo.
12.	O conhecimento científico não se altera, a partir do momento em que é descoberto.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico é geralmente alterado ao longo do tempo, fruto de novas investigações e perspetivas.
13.	O conceito de “espécie” foi inventado pelos cientistas como forma de descrever a vida na Terra.	1 2 3 4 5	O conceito de “espécie” é uma característica inerente à vida na Terra; é completamente independente da forma como os cientistas pensam.
14.	A melhor forma de descrever o conhecimento científico é considerá-lo como um conjunto de factos acerca do mundo.	1 2 3 4 5	A melhor forma de descrever o conhecimento científico é considerá-lo como uma tentativa de descrição e de explicação sobre o funcionamento do mundo.

Secção B – Como se produz conhecimento científico?

Quando pensa no que fazem os cientistas para a produção de conhecimento científico, como descreve esse processo? As afirmações a seguir apresentadas descrevem diferentes pontos de vista relacionados com a produção de conhecimento científico. Assinale o ponto de vista com que mais concorda, usando a escala antes discriminada.

	Ponto de vista A	Escala	Ponto de vista B
15.	O trabalho experimental é importante em ciência porque pode ser utilizado para gerar evidências fidedignas.	1 2 3 4 5	O trabalho experimental é importante em ciência porque permite provar ideias como certas ou erradas.
16.	Toda a ciência se fundamenta num único método científico.	1 2 3 4 5	Os métodos utilizados pelos cientistas variam consoante as finalidades da investigação e da disciplina.
17.	Os métodos utilizados para produzir conhecimento científico são baseados mais num conjunto de técnicas do que num conjunto de valores.	1 2 3 4 5	Os métodos utilizados para produzir conhecimento científico são baseados mais num conjunto de valores do que num conjunto de técnicas.

18.	A ciência é melhor descrita como um processo de exploração e de trabalho experimental.	1 2 3 4 5	A ciência é melhor descrita como um processo de explicação e de argumentos.
19.	Uma experiência é utilizada para testar uma ideia.	1 2 3 4 5	Uma experiência é utilizada para fazer novas descobertas.
20.	Na comunidade científica são habituais os debates e discussões que se centram nos produtos, nos processos e no contexto da investigação.	1 2 3 4 5	Na comunidade científica são raros os debates e discussões que se centram nos produtos, nos processos e no contexto da investigação.

Secção C – O que se considera como conhecimento científico válido e fidedigno?

Uma das principais reivindicações da ciência é que nela se produz conhecimento válido e fidedigno sobre o mundo natural. As afirmações a seguir apresentadas descrevem diferentes pontos de vista sobre o que se considera como conhecimento científico válido e fidedigno. Assinale o ponto de vista com que mais concorda, usando a escala antes discriminada.

	Ponto de vista A	Escala	Ponto de vista B
21.	O conhecimento científico apenas pode ser considerado fidedigno se os métodos, os dados e a interpretação do estudo tiverem sido partilhados e criticados.	1 2 3 4 5	O conhecimento científico só pode ser considerado fidedigno se estiver bem apoiado em evidências.
22.	O método científico pode proporcionar provas inequívocas.	1 2 3 4 5	É impossível reunir evidências suficientes para provar que algo é verdadeiro.
23.	Se os dados tiverem sido obtidos durante um trabalho experimental, podem ser considerados como fidedignos e confiáveis.	1 2 3 4 5	A fidedignidade e a confiança dos dados devem ser sempre questionadas.
24.	Os cientistas sabem que os átomos existem porque efetuaram observações que apenas se podem explicar pela existência dessas partículas.	1 2 3 4 5	Os cientistas sabem que os átomos existem porque os observaram utilizando instrumentos de alta tecnologia.
25.	O enviesamento e os erros são inevitáveis durante uma investigação científica.	1 2 3 4 5	Se uma investigação científica for realizada corretamente, os erros e o enviesamento serão eliminados.
26.	Uma teoria deve ser considerada incorreta se existir um simples facto que a contradiga.	1 2 3 4 5	Uma teoria pode continuar a ser útil mesmo que um ou mais factos a contradigam.

27.	Os cientistas podem ter a certeza de que um produto químico é cancerígeno se descobrirem que há uma maior incidência de cancro entre as pessoas que trabalharam com esse produto, relativamente a outras que nunca trabalharam com ele.	1 2 3 4 5	Os cientistas podem apenas supor que um produto químico é cancerígeno se descobrirem que há uma maior incidência de cancro entre as pessoas que trabalharam com esse mesmo produto, relativamente a outras que nunca trabalharam com ele.
-----	---	-------------------	---

Secção D – Que papel desempenham os cientistas na produção de conhecimento científico?

As afirmações abaixo apresentadas descrevem diferentes pontos de vista sobre como são e o que fazem os cientistas. Assinale o ponto de vista com que mais concorda, usando a escala antes discriminada.

	Ponto de vista A	Escala	Ponto de vista B
28.	Para interpretarem os dados que recolhem, os cientistas têm de apoiar-se nos seus conhecimentos anteriores, na lógica e na criatividade.	1 2 3 4 5	Para interpretarem os dados recolhidos, os cientistas devem apoiar-se somente na lógica, e devem evitar utilizar a criatividade e os seus conhecimentos anteriores.
29.	Os cientistas são influenciados por fatores sociais, pelas suas convicções e pela investigação anterior.	1 2 3 4 5	Os cientistas são objetivos, pelo que os fatores sociais e as suas convicções não influenciam o seu trabalho.
30.	Os cientistas bem-sucedidos são mais competentes na utilização do método científico do que os mal sucedidos.	1 2 3 4 5	Os cientistas bem-sucedidos são capazes de persuadir melhor os outros membros da comunidade científica do que os mal sucedidos.
31.	Dois cientistas (com a mesma competência) que analisem os mesmos dados, irão chegar às mesmas conclusões.	1 2 3 4 5	Dois cientistas (com a mesma competência) que analisem os mesmos dados, com frequência chegam a conclusões diferentes.
32.	As convicções pessoais e a formação de um cientista influenciam o que ele pensa que conta como evidência.	1 2 3 4 5	O que conta como evidência é o mesmo para todos os cientistas.
33.	As observações do mesmo fenómeno efetuadas por dois cientistas serão as mesmas.	1 2 3 4 5	As observações do mesmo fenómeno, realizadas por dois cientistas diferentes, podem ser diferentes.
34.	É seguro assumir que as	1 2 3 4 5	As conclusões de um

	conclusões de um cientista são exatas porque eles são especialistas na sua área.		cientista podem ser incorretas, ainda que eles sejam especialistas na sua área.
--	--	--	---

Esta parte do questionário foi traduzida e adaptada de Sampson, V., & Clark, D.B. (2006). *The development and validation of the Nature of Science as Argument Questionnaire (NSAAQ)*.

PARTE III

Os seguintes enunciados referem opiniões diversas sobre várias dimensões relacionadas com a argumentação científica e o ensino das ciências. Neste questionário não há respostas corretas ou erradas, sendo a sua finalidade conhecer a sua posição em relação a essas dimensões. Assim, peço-lhe que se posicione em relação a cada um dos enunciados, utilizando uma escala de **1** (*Discordo*) até **4** (*Concordo*). À frente de cada enunciado, assinale com uma circunferência, o número que melhor se adequa à sua posição.

Escala:

- 1 – Discordo
- 2 – Inclinado a discordar
- 3 – Inclinado a concordar
- 4 – Concordo

35.	A argumentação científica é muito importante no ensino das ciências.	1	2	3	4
36.	Saber argumentar cientificamente é uma competência essencial na sociedade atual.	1	2	3	4
37.	A argumentação é um processo essencial na construção da ciência.	1	2	3	4
38.	O desenvolvimento da argumentação científica facilita as aprendizagens previstas nos programas das disciplinas de Biologia e Geologia.	1	2	3	4
39.	O ensino da argumentação deve ser realizado noutras disciplinas que não as de cariz científico (por ex: Português, Filosofia,...)	1	2	3	4
40.	Argumentar cientificamente é persuadir.	1	2	3	4
41.	As evidências científicas são essenciais na defesa de um determinado enunciado.	1	2	3	4
42.	Nas minhas práticas de sala de aula, há momentos destinados a desenvolver, nos alunos, a argumentação científica.	1	2	3	4
43.	Os alunos apresentam dificuldades em argumentar cientificamente.	1	2	3	4
44.	Argumentar cientificamente é estabelecer relações entre factos/teorias e conclusões.	1	2	3	4
45.	Nas aulas em que se realizam atividades de argumentação, os alunos tendem a ser indisciplinados, o que gera muita confusão e barulho.	1	2	3	4
46.	É preferível que os alunos aprendam conhecimentos científicos do que desenvolvam a argumentação.	1	2	3	4
47.	Os exames nacionais nunca avaliam as competências de argumentação científica.	1	2	3	4
48.	Tenho dificuldades em distinguir um “bom argumento” de um “mau	1	2	3	4

	argumento”.				
49.	Os alunos com dificuldades de aprendizagem dificilmente desenvolvem competências de argumentação científica.	1	2	3	4
50.	Num modelo de ensino centrado no professor, as competências de argumentação dificilmente serão desenvolvidas pelos alunos.	1	2	3	4
51.	O diálogo entre os alunos, na sala de aula, é essencial se se pretender que os mesmos desenvolvam a argumentação científica.	1	2	3	4
52.	Os conteúdos conceptuais presentes nos programas de Biologia e de Geologia, do ensino secundário, proporcionam, de uma forma geral, oportunidades para desenvolver a argumentação científica.	1	2	3	4
53.	Nas minhas planificações, preocupo-me em contemplar atividades de sala de aula que permitam o desenvolvimento da argumentação científica nos alunos.	1	2	3	4
54.	O trabalho de grupo é a atividade de sala aula mais adequada para o desenvolvimento da argumentação científica nos alunos.	1	2	3	4
55.	A autoridade do conhecimento científico dificulta a planificação de atividades de argumentação nas aulas de Biologia e Geologia.	1	2	3	4
56.	Os conteúdos conceptuais da disciplina de Biologia são mais adequados para desenvolver atividades de argumentação com os alunos do que os da disciplina de Geologia.	1	2	3	4
57.	A minha formação permite-me ter à-vontade para implementar em sala de aula, atividades que se centrem na argumentação científica.	1	2	3	4
58.	A formação inicial e contínua de professores deveria contemplar a abordagem da temática da argumentação científica.	1	2	3	4
59.	Os trabalhos experimentais não são apropriados para o desenvolvimento da argumentação científica nos alunos.	1	2	3	4

PARTE IV

Comente a afirmação seguinte relativa à argumentação científica:

“É mais fácil argumentar sobre assuntos científicos polémicos do que sobre assuntos científicos consensuais”.

Muito obrigado pela sua colaboração.

APÊNDICE III

**Instruções da versão piloto
do questionário dos professores**

Cara(o) colega:

No âmbito do projeto de investigação que me encontro a desenvolver, subordinado ao tema da argumentação científica no ensino das ciências, pretendo aplicar um questionário, que contribua para perceber que concepções têm os professores de Biologia e Geologia, do Ensino Secundário, em relação ao mesmo. Este questionário foi elaborado com base em bibliografia de referência sobre o mesmo tema. No entanto, como instrumento de recolha de informação que se pretende que ele constitua, deve estar sujeito ao escrutínio dos potenciais participantes no seu preenchimento, a fim de perceber quais as possíveis dificuldades ou falhas de interpretação que possam decorrer da sua leitura. Assim, solicita-se que leia, com atenção o questionário que lhe foi entregue, o preencha, de acordo com as instruções fornecidas e, em seguida, colabore no sentido de fornecer informações/sugestões que possam contribuir para melhorar a qualidade final do instrumento.

I - Tempo necessário para o preenchimento do questionário (em minutos): _____

II - Observações/Sugestões relativas a:

A – Clareza das instruções: _____

B – Clareza dos itens propostos: _____

C – Outro tipo de observações, sugestões e/ou comentários que considere relevantes _____

Muito obrigado pela sua colaboração!

APÊNDICE IV

Autorização da DGIDC

**para aplicação do questionário dos
professores**

Exmo(a)s. Sr(a)s.

O pedido de autorização do inquérito n.º 0075400001, com a designação *Conceções de professores de Biologia e Geologia, do Ensino Secundário, sobre a argumentação científica e a construção da ciência*, registado em 16-12-2009, foi aprovado.

Avaliação do inquérito:

Exmo. Senhor Dr. Paulo Jorge de Carvalho Correia de Almeida

Venho por este meio informar que o pedido de realização de questionário em meio escolar é autorizado uma vez que, submetido a análise, cumpre os requisitos de qualidade técnica e metodológica para tal devendo, no entanto, ter em atenção as observações aduzidas

Com os melhores cumprimentos

Alexandra Marques

Diretora-Geral

DGIDC

Observações:

1 - Substituir a variável "género" pela variável "sexo"

2 - As questões relativas à "idade" e ao "tempo de serviço" devem ser formuladas em perguntas de resposta aberta

Pode consultar na Internet toda a informação referente a este pedido no endereço <http://mime.gepe.min-edu.pt>. Para tal terá de se autenticar fornecendo os dados de acesso da entidade.

APÊNDICE V

**Mensagem dirigida às direções das
escolas**

Exmo. Sr.
Diretor da Escola Secundária

Chamo-me Paulo Almeida e sou professor do Ensino Secundário, do grupo de recrutamento 520 – Biologia e Geologia. Sou também investigador do Centro de Investigação em Educação, do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa e estou, de momento, a desenvolver um projeto, apoiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, relacionado com a argumentação no ensino das ciências. Este estudo pretende clarificar que conceções têm e que práticas pedagógicas implementam os professores quando (se) pretendem(rem) desenvolver competências de argumentação nos seus alunos, do ensino secundário.

Este projeto desenvolve-se em 2 fases distintas e, nesta primeira fase, venho solicitar a v/ preciosa colaboração, bem como a dos colegas da escola que V. Ex^a. dirige, do grupo de Biologia e Geologia, no preenchimento de um questionário, agradecendo, desde já, o v/ empenho em colaborar neste processo. Este questionário, que demora, em média, 35 minutos a ser preenchido, é dirigido a professores de Biologia e Geologia, que estejam a lecionar, no presente ano letivo, ou tenham lecionado, em pelo menos um dos últimos 2 anos letivos, disciplina(s) do ensino secundário regular. O mesmo questionário foi previamente submetido a autorização da Direção-Geral da Inovação e Desenvolvimento Curricular – DGIDC, que deu o seu aval, por cumprir “...os requisitos de qualidade técnica e metodológica”, após a análise respetiva, conforme consta do anexo ao presente pedido, através de mensagem de correio eletrónico que me foi remetida por aqueles Serviços. Essa mesma autorização pode ainda ser confirmada através da consulta da página eletrónica da DGIDC (Menú – Inquéritos em meio escolar).

Não é demais salientar que a participação dos colegas dessa escola no preenchimento do questionário é uma ajuda fundamental para a prossecução da investigação em curso, pois em função dos dados recolhidos será delineado o futuro da investigação.

Os questionários depois de preenchidos devem ser recolhidos por quem entender (p.e., responsável do grupo disciplinar/coordenador) e, após serem colocados no envelope selado que segue junto deste pedido, devem ser enviados para o endereço que se encontra presente no mesmo. Se possível, agradeço que a devolução dos questionários seja realizada até dia 29 de Janeiro de 2010, para que os dados possam ser analisados atempadamente, não comprometendo o avanço do projeto. Salienta-se que todos os dados recolhidos são confidenciais e o anonimato dos participantes é assegurado. Qualquer dúvida ou sugestão que me queira dirigir, pode fazê-lo através do endereço de correio electrónico: projectoargum@gmail.com, ou para o telemóvel nº _____.

Agradeço, mais uma vez, a v/ disponibilidade e colaboração neste processo.

_____, 11 de Janeiro de 2010.

Subscrevo-me atenciosamente,

Paulo Almeida

APÊNDICE VI

**Mensagem dirigida ao coordenador
de Departamento / grupo disciplinar**

Exmo(a). Sr(a).
Coordenador(a) de Departamento /
Subcoordenador(a) de Departamento /
Representante do Grupo de Recrutamento
de Biologia e Geologia (520)

Chamo-me Paulo Almeida e sou professor do Ensino Secundário, do grupo de recrutamento 520 – Biologia e Geologia. Sou também investigador do Centro de Investigação em Educação, do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa e estou, de momento, a desenvolver um projeto, apoiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, relacionado com a argumentação no ensino das ciências. Este estudo pretende clarificar que conceções têm e que práticas pedagógicas implementam os professores quando (se) pretendem(rem) desenvolver competências de argumentação nos seus alunos, do ensino secundário.

Este projeto desenvolve-se em 2 fases distintas e, nesta primeira fase, venho solicitar a v/ preciosa colaboração, bem como a dos colegas, do grupo de Biologia e Geologia, no preenchimento de um questionário, agradecendo, desde já, o v/ empenho em colaborar neste processo. Este questionário, que demora, em média, 35 minutos a ser preenchido, é dirigido aos colegas, que estão a lecionar, no presente ano letivo, ou tenham lecionado, em pelo menos um dos últimos 2 anos letivos, disciplina(s) do ensino secundário regular. O mesmo questionário foi previamente submetido a autorização da Direcção-Geral da Inovação e Desenvolvimento Curricular – DGIDC, que deu o seu aval, por cumprir “...os requisitos de qualidade técnica e metodológica”, após a análise respetiva.

Não é demais salientar que a participação dos colegas dessa escola no preenchimento do questionário é uma ajuda fundamental para a prossecução da investigação em curso, pois em função dos dados recolhidos será delineado o futuro da investigação.

Os questionários depois de preenchidos devem ser recolhidos e, após serem colocados no envelope selado que segue junto deste pedido, devem ser enviados para o endereço que se encontra presente no mesmo. Se possível, agradeço que a devolução dos questionários seja realizada até dia 29 de Janeiro de 2010, para que os dados possam ser analisados atempadamente, não comprometendo o avanço do projeto. Salienta-se que todos os dados recolhidos são confidenciais e o anonimato dos participantes é assegurado. Qualquer dúvida ou sugestão que me queira dirigir, pode fazê-lo através do endereço de correio eletrónico: projectoargum@gmail.com, ou para o telemóvel nº _____.

Agradeço, mais uma vez, a v/ disponibilidade e colaboração neste processo.

_____, 11 de Janeiro de 2010.

Subscrevo-me atenciosamente,

Paulo Almeida

APÊNDICE VII

**Documento de caracterização
pessoal e profissional dos
participantes no grupo focal**

Projeto de Investigação

A argumentação científica em aulas de Biologia e Geologia

1ª Fase do projeto – Grupo de foco

Caracterização dos participantes

1. Nome: _____
 2. Idade (em 30/04/2010): _____ anos
 3. Licenciatura em: _____
 - 3.1 Conclusão da licenciatura (ano civil): _____
 4. Área científica de formação inicial: _____
 - 4.1 Instituição de Ensino Superior em que concluiu a licenciatura

 5. Nº de anos de serviço docente (em Abril de 2010): _____ anos
 6. Modalidade de estágio frequentada: _____
 7. Estudos de pós-graduação que frequentou/concluiu (Curso de especialização, Mestrado). Indicar a designação do(s) curso(s) e a instituição de ensino frequentada.

 8. Anos de escolaridade e disciplina(s) lecionada(s) no ano letivo 2009/2010

 9. Anos de escolaridade e disciplina(s) a lecionar no ano letivo 2010/2011 (ainda que possa não saber em definitivo, coloque as que acha que irá leccionar, com maior probabilidade)

- Data: ____/____/2010

Muito obrigado pela sua colaboração!

APÊNDICE VIII

Guiões das entrevistas do grupo focal

Guião da 1ª entrevista de grupo focal

TEMA

Primeira abordagem:

Conhecimento interpessoal dos participantes e suas expetativas face ao grupo de foco

Conceções de argumentação científica.

Antes de iniciar a entrevista em grupo, o moderador deve negociar com os entrevistados, as normas de participação no grupo.

De entre estas devem ser incluídas: a liberdade de se expressarem sempre que entenderem; do não julgamento avaliativo relativamente às opiniões de cada um (o que não invalida que as mesmas não possam ser comentadas ou discutidas); da liberdade para questionarem sobre o que considerarem relevante; o papel do moderador como orientador da reflexão e não como prescritor de receitas.

Objetivos	Questão principal	Questões complementares
<p>Introduzir os participantes no grupo.</p> <p>Dar a conhecer algumas características sócio-profissionais dos participantes.</p> <p>Desenvolver um clima não intimidatório e descontraído, no grupo.</p>	<p>1. Qual o vosso percurso, de forma resumida, em termos académicos e profissionais?</p>	<p>1.1 Qual a experiência de lecionação de cada um?</p> <p>1.2 Têm-se dedicado apenas à lecionação?</p> <p>1.2.1 Se não, porquê?</p> <p>1.2.1.1 Em que outras atividades se têm envolvido?</p> <p>1.2.2 Se sim, que razões o/a levam a dedicar-se em exclusivo à lecionação?</p> <p>1.3 Têm lecionado sempre no ensino básico e secundário?</p>

Conhecer as expectativas do grupo face ao tema da argumentação científica em contexto educacional.	2. Quais as vossas expectativas em relação à participação neste grupo de foco?	<p>2.1 Já participaram anteriormente em algum projeto de investigação?</p> <p>2.1.1 Se sim, em que contexto e sobre que temática?</p> <p>2.1.1 Se não, porquê?</p> <p>2.2 O que esperam obter com a vossa participação no projeto?</p> <p>2.3 Que contributos pode ter para o vosso desenvolvimento profissional?</p>
Perceber os motivos que levaram os participantes a aderir ao projeto.	3. O que vos levou a aceitar o desafio de participar neste grupo?	3.1 Porque se interessaram pelo projeto?
Perceber qual importância que os participantes atribuem a um ensino das ciências orientado para o desenvolvimento da argumentação.	4. Qual a importância que atribuem ao estudo da argumentação científica no contexto da educação em ciências?	<p>4.1 Porque consideram (ou não) relevante este tema?</p> <p>4.2 Açam que este tema tem relevância social?</p> <p>4.2.1 Porquê?</p> <p>4.3 Em que situações (contextos) consideram ser necessário mobilizar a argumentação científica?</p> <p>4.3.1 Porquê?</p>
Confrontar os participantes com os resultados do questionário em relação à relevância da argumentação científica no ensino das ciências.	5. O que vos parece que terá levado que um conjunto dos professores tenha considerado apenas como “inclinado a concordar” ou até mesmo a “discordar” sobre a importância da argumentação como competência essencial na sociedade atual?	5.1 O que poderá estar a condicionar as conceções dos professores em relação à importância do papel da argumentação científica na atualidade?

Identificar concepções dos participantes sobre argumentação científica.	6. O que é, para vocês, a argumentação científica?	6.1 Qual o papel da argumentação na construção do conhecimento?
Confrontar os participantes com diferentes concepções de argumentação científica.	7. Considerem as seguintes perspectivas de professores em relação à argumentação científica (apresentar 3 afirmações referentes à questão aberta do questionário). Que comentários têm a fazer sobre as mesmas?	7.1 Concordam com estas perspectivas ou com alguma delas? 7.1.1 Porquê? 7.2 Que aspetos consideram significativos nestas afirmações em relação ao conceito de argumentação científica?

No final, deve ser considerada a necessidade de efetuar uma súmula dos aspetos abordados.

1. Que características deve ter um argumento para que o possa qualificar como “bom”?	2. O que acha que os professores consideram como um “bom” ou “mau” argumento?	3. A análise de um argumento deve obedecer a que princípios?

Guião da 2ª entrevista de grupo focal

TEMA

Argumentos e argumentação científica

Objetivos	Questão principal	Questões complementares
Perceber o que consideram os participantes ser um “bom” argumento e como o distinguem de um “mau” argumento.	1. Como distinguem um “bom” argumento de um “mau” argumento?	<p>1.1 Que características deve ter um argumento para que o possam qualificar como “bom”?</p> <p>1.2 O que acham que os professores consideram como um “bom” ou “mau” argumento?</p> <p>1.3 A análise de um argumento deve obedecer a que princípios?</p>
Exemplificar o conceito de “bom” argumento e de “mau” argumento.	2. Escrevam, um exemplo, de um “bom” argumento e de um “mau” argumento”.	<p>2.1 Que diferenças estabelecem entre esses dois argumentos?</p> <p>2.2 O que apresentam em comum?</p>
Distinguir “argumento” (conhecimento substantivo) de “argumentação” (processo).	3. O que distingue um “argumento” de “argumentação”?	<p>3.1 Argumento e argumentação significam o mesmo?</p> <p>3.1 Porquê?</p>

Reconhecer a importância da evidência/prova na construção de um argumento científico.	4. Qual o papel da evidência/prova na construção de um argumento?	<p>4.1 O que é, para vocês, a evidência / prova científica?</p> <p>4.2 Deem um exemplo de uma evidência científica / prova.</p>
Relacionar a evidência/prova com a construção do conhecimento científico.	5. Apresentem evidências / provas e justificações para as ideias científicas expressas no quadro (Tarefa 1).	<p>5.1 Foi fácil ou difícil encontrar a(s) evidência(s) requerida(s) para cada caso?</p> <p>5.2 Qual a situação que consideraram mais difícil?</p> <p>5.2.1 Porquê?</p> <p>5.3. Que podemos dizer acerca da forma como construímos o conhecimento científico?</p> <p>5.3.1 Fundamentamos o conhecimento com base em evidências / provas?</p> <p>5.4 E sobre a forma como ensinamos?</p> <p>5.4.1 Qual poderá ser o valor de se utilizar uma abordagem pedagógica baseada na utilização das evidências / provas?</p>
Conhecer um modelo de análise de argumento – modelo de Toulmin.	6. Tentem apresentar um argumento que contemple todos os elementos apresentados no padrão de Toulmin.	<p>6.1 Consideram que todos os elementos são indispensáveis?</p> <p>6.1.1 Se não, quais os que consideram serem indispensáveis e quais consideram serem os dispensáveis?</p> <p>6.1.1.1 Porquê?</p>

<p>Comparar concepções iniciais sobre a qualidade de um argumento, com o modelo analítico de Toulmin.</p>	<p>7. Com base no modelo de Toulmin, como pode ser avaliada a qualidade de um argumento?</p>	<p>7.1 Com base no modelo de Toulmin, que critérios deve contemplar um “bom” argumento?</p> <p>7.1.1 Que diferenças e/ou semelhanças encontram entre esses critérios e os que definiram no início desta sessão?</p>
---	---	---

Guião da 3ª entrevista de grupo focal

TEMA

Natureza da ciência e argumentação

Objetivos	Questão principal	Questões complementares
Perceber que conceções de ciência possuem os participantes.	1. O que é, para vocês, ciência?	<p>1.1 Que característica possui o conhecimento científico?</p> <p>1.2 O que permite distinguir a ciência de outras formas de conhecimento?</p> <p>1.3 Como se origina o conhecimento científico?</p> <p>1.4 O que diferencia leis, teorias e modelos científicos?</p>
Perceber que perspetiva apresentam quanto à relação de ciência enquanto tentativa de explicação da realidade e o carácter objetividade vs. subjetividade	2. Como relacionam a perspetiva da ciência enquanto tentativa de explicar fenómenos naturais, com o seu carácter objetivo/subjetivo?	<p>2.1 Qual o papel da argumentação numa perspetiva de ciência enquanto tentativa de explicação de fenómenos naturais?</p> <p>2.2 O que se entende por objetividade e subjetividade, em ciência?</p> <p>2.2.1 Como se podem diferenciar?</p> <p>2.3 Tendo considerado os professores, que responderam ao questionário, que a ciência tem um carácter tentativo, como explicam que tenham simultaneamente defendido a sua objetividade?</p> <p>2.4 Qual o papel dos modelos, das teorias e das leis em ciência?</p> <p>2.4.1 Como os relacionam com a argumentação científica?</p>

Objetivos	Questão principal	Questões complementares
Compreender que relevância atribuem os participantes aos conceitos/teorias na construção da ciência: perspectivas indutivas vs. perspectivas dedutivas.	3. Que papel têm os conceitos e as teorias na construção do conhecimento científico?	3.1 Como explicam a dispersão de resultados em relação ao item A-14? 3.1.1 Com que perspectiva se identificam mais? 3.1.1.1 Porquê? 3.2 Que papel tem a observação num processo de investigação?
Compreender que concepções possuem os participantes sobre a natureza da metodologia científica.	4. Em que consistem as metodologias de investigação científica?	4.1 Existe “o” método científico? 4.1.1 Se sim, em que consiste? 4.1.2 Se não, que processos utilizam os cientistas na procura de conhecimento? 4.2 Como relacionam as respostas dadas no questionário aos itens B. 17 e B. 18? 4.2.1 Existe (in)coerência nessas respostas? 4.2.1.1 Porquê?
Identificar a argumentação como processo fundamental na construção da ciência.	5. Que relevância tem a argumentação na construção da ciência?	5.1 Que razões apontam para que os professores tenham atribuído um maior peso a uma perspectiva exploratória/experimental da ciência quando comparada com uma dimensão explicativa / argumentativa? 5.2 A larga maioria dos professores (78,1%) considerou a existência de debates e discussões no seio da comunidade científica. Que relevância terão esses debates / discussões?

Perceber como concetualizam a validade e fidedignidade do conhecimento científico.	6. Como é avaliado o conhecimento científico?	<p>6.1 O que significa ser um conhecimento válido e fidedigno?</p> <p>6.2 Qual o papel das evidências na validação das investigações?</p> <p>6.3 Qual o papel da comunidade científica no estabelecimento da validade e fiabilidade do conhecimento científico?</p> <p>6.4 A validade e a fidedignidade em ciência são conceitos a prazo?</p> <p>6.4.1 Porquê?</p> <p>6.5 Como explicam que a maioria dos professores considere a objetividade do conhecimento científico e reconheça a inevitabilidade de erros e de enviesamentos durante uma investigação?</p>
Compreender como concetualizam o papel dos cientistas no processo de produção de conhecimento científico.	7. Que papel (ou papéis) desempenham os cientistas na produção de conhecimento científico?	<p>7.1 Que características deve ter um “bom” cientista?</p> <p>7.2 Que influências têm os contextos históricos e sociais na produção de conhecimento científico?</p> <p>7.3 Concordam que a capacidade de persuasão de um cientista é fundamental para o seu sucesso enquanto investigador?</p> <p>7.3.1 Porquê?</p> <p>7.4 Comentem a afirmação: “As conclusões de uma investigação estão apenas dependentes dos dados obtidos”.</p> <p>7.5 Concordam que o que conta como evidência é o mesmo para todos os cientistas?</p> <p>7.5.1 Porquê?</p>

Guião da 4ª entrevista de grupo focal

Tema

A argumentação científica nos currículos das disciplinas de Biologia e/ou Geologia

Objetivos	Questão principal	Questões complementares
Identificar a presença (ou ausência) da valorização da argumentação científica nos programas das disciplinas de Biologia e/ou Geologia.	1. De que forma é valorizada (ou não) a argumentação científica nos diferentes programas de Biologia e Geologia, do Ensino Secundário?	<p>1.1 A argumentação científica é valorizada nos programas atuais de Biologia e/ou Geologia?</p> <p>1.2 De que forma é apresentada essa valorização (ou a falta dela)?</p> <p>1.3 Apresentem aspetos expressos nos programas das diferentes disciplinas que sustentem as vossas opiniões.</p> <p>1.4. Como explicam que 58% dos professores, que responderam ao questionário, tenham considerado que o ensino da argumentação deve ser efetuado noutras disciplinas (Português. Filosofia)?</p>
Identificar conteúdos científicos expressos nos programas que se adequem ao desenvolvimento de competências de argumentação	2. Que conteúdos dos programas das diferentes disciplinas são adequados ao desenvolvimento da argumentação científica?	<p>2.1 O desenvolvimento da argumentação científica depende dos conteúdos apresentados nos programas?</p> <p>2.1.1 Porquê?</p> <p>2.2 Concordam com a maioria dos professores que responderam ao questionário que afirmaram que os conteúdos de Biologia e Geologia expressos nos programas proporcionam oportunidades para o desenvolvimento da argumentação</p>

		<p>científica?</p> <p>2.2.1 Porquê?</p> <p>2.2 De entre os conteúdos expressos nos diferentes programas, selecionem 3, de preferência de áreas científicas diferentes (Biologia e Geologia), queensem adequarem-se mais ao desenvolvimento da argumentação científica.</p> <p>2.2.1 Porque selecionaram esses conteúdos?</p>
<p>Analisar se, e porquê, os participantes privilegiam o desenvolvimento de competências argumentativas em alguma das áreas epistémicas (Biologia ou Geologia) que leccionam, tendo em conta os programas actualmente em vigor.</p>	<p>3. Valorizam preferencialmente alguma das áreas científicas (Biologia ou Geologia) para o desenvolvimento de competências de argumentação científica?</p>	<p>3.1 Privilegiam alguma das áreas científicas – Biologia ou Geologia – relativamente ao desenvolvimento de competências de argumentação científica?</p> <p>3.1.1 Porquê?</p> <p>3.2 Consideram que alguma das áreas – Biologia ou Geologia – é mais adequada para o desenvolvimento da argumentação?</p> <p>3.2.1 Porquê?</p> <p>3.3 Consideram que os programas privilegiam alguma das áreas científicas no desenvolvimento da argumentação científica?</p> <p>3.3.1 Porquê?</p>

Guião da 5ª entrevista de grupo focal

Tema

Práticas pedagógicas promotoras do desenvolvimento da argumentação científica

Objetivos	Questão principal	Questões complementares
Compreender que concepções possuem os participantes em relação ao tipo de práticas pedagógicas que privilegiam o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos.	1. Que tipo de práticas pedagógicas deverão ser privilegiadas quando se pretende desenvolver a argumentação científica, em sala de aula?	<p>1.1 A maioria dos professores que responderam ao questionário, referem que há momentos na sala de aula, destinados ao desenvolvimento da argumentação. Como se poderão caracterizar essas práticas?</p> <p>1.2 Consideram que essas práticas pedagógicas são frequentes? 1.2.1 Porquê?</p> <p>1.3 Que características possuem as vossas práticas pedagógicas? 1.3.1 Porque privilegiam esse tipo de práticas?</p> <p>1.4 Consideram que as vossas práticas desenvolvem a argumentação dos vossos alunos? 1.4.1 Porquê?</p> <p>1.5 Que características das vossas práticas pedagógicas alterariam de forma a adequá-las ao desenvolvimento da argumentação dos vossos alunos?</p>
Compreender que papel atribuem os participantes ao professor, em aulas que privilegiam o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos.	2. Qual o papel do professor em aulas que privilegiam o desenvolvimento de competências de argumentação?	<p>2.1 Que diferenças encontram, em relação ao papel do professor, entre uma aula que privilegia o desenvolvimento de competências de argumentação e uma aula em que não é essa a sua finalidade (aula tradicional)?</p> <p>2.2 Concordam com a maioria dos professores que responderam ao questionário que afirmaram que num modelo centrado no professor dificilmente serão</p>

		desenvolvidas pelos alunos competências de argumentação? 2.2.1 Porquê?
Perceber se os participantes se preocupam com o tipo de competências que pretendem que os alunos desenvolvam, quando planificam as aulas.	3. Com que critérios elaboram as planificações das vossas aulas?	3.1 Que tipo de preocupações têm quando planificam uma aula ou uma unidade didática? 3.2 Que tipo de atividades contemplam nas vossas planificações? 3.2.1 Consideram que esse tipo de atividades contribuem para o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos? 3.2.1.1 Que características possuem de forma a promover esse desenvolvimento? 3.2.1.2 Que características deveriam ter para facilitar esse desenvolvimento?
Perceber que relevância atribuem os participantes à formação inicial e contínua para a melhoria das práticas pedagógicas que privilegiam o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos.	4. Que relevância atribuem à formação inicial e contínua na melhoria das práticas pedagógicas que privilegiam o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos?	4.1 Qual o contributo da formação inicial e da formação contínua para a melhoria das práticas pedagógicas? 4.2 Que características deve ter a formação contínua com o objetivo de melhorar as práticas pedagógicas dos professores, particularmente na área que temos vindo a abordar? 4.3 Consideram que a formação contínua existente vai ao encontro das necessidades profissionais dos professores de ciências? 4.3.1 Porquê?

Guião da 6ª entrevista de grupo focal

Tema

Os alunos e as competências de argumentação científica

Objetivos	Questão principal	Questões complementares
Compreender o papel que atribuem à argumentação no processo de aprendizagens científicas pelos alunos.	1. Qual o papel da argumentação no processo das aprendizagens científicas dos alunos?	<p>1.1 Uma larga maioria dos professores que responderam ao questionário, concordam que a argumentação científica facilita as aprendizagens previstas nos programas de Biologia e Geologia. Concordam?</p> <p>1.1.1 Porquê?</p> <p>1.2 Comentem as afirmações:</p> <p>A - “Os alunos apresentam dificuldades em argumentar cientificamente”.</p> <p>B – “É preferível que os alunos aprendam conhecimentos científicos do que desenvolvam a argumentação”.</p>
Compreender que características atribuem às tarefas, de sala de aula, que potenciam o desenvolvimento da argumentação científica dos alunos.	2. Que características devem ter as tarefas de sala de aula quando se pretende que os alunos desenvolvam a argumentação científica?	<p>2.1 Descrevam uma tarefa de sala de aula que tenham desenvolvido com os vossos alunos, em que potencialmente eles possam ter desenvolvido a argumentação científica.</p> <p>2.1.1 Que características tem essa tarefa, para que lhe tenham atribuído a finalidade de desenvolver a argumentação científica dos alunos?</p> <p>2.1.2 O que diferencia essa tarefa de outras em que não haja a preocupação de desenvolver a argumentação científica dos alunos?</p> <p>2.1.3 Que dificuldades encontram no processo de elaboração dessas tarefas?</p> <p>2.1.4 Que características devem ter as questões /propostas de tarefas colocadas aos alunos?</p>

		<p>2.2 A maioria dos professores que responderam ao questionário consideraram que os trabalhos experimentais são apropriados para o desenvolvimento da argumentação científica. Concordam com esta posição?</p> <p>2.2.1 Porquê?</p> <p>2.2.2 Qualquer tipo de trabalho experimental propicia o desenvolvimento da argumentação científica?</p> <p>2.2.3 Que tipo de trabalhos práticos consideram adequados para que os alunos possam desenvolver a argumentação científica?</p>
Perceber que papel atribuem os participantes, aos alunos quando pretendem que eles desenvolvam a argumentação científica.	3. Qual o papel do aluno em aulas que privilegiam o desenvolvimento de competências de argumentação?	<p>3.1 Que diferenças encontram, em relação ao papel do aluno, entre uma aula que privilegia o desenvolvimento de competências de argumentação e uma aula em que não é essa a sua finalidade (aula tradicional)?</p> <p>3.2 Concordam com a maioria dos professores que responderam ao questionário que afirmaram que o diálogo entre alunos, na sala de aula, é essencial para que os mesmos desenvolvam a argumentação científica?</p> <p>3.2.1 Porquê?</p> <p>3.3 Que tipo de estratégia consideram como a mais adequada para que os alunos desenvolvam a argumentação científica?</p>
Compreender como pensam que deve ser feita a avaliação dos alunos quando desenvolvem atividades que promovem a argumentação científica dos alunos.	4. Como acham que deve ser feita a avaliação dos alunos quando desenvolvem atividades em que se pretende promover a argumentação científica?	<p>4.1 Como efetuam a avaliação dos alunos quando estes desenvolvem atividades que pretendem promover a argumentação científica?</p> <p>4.2 O que pretendem avaliar nos alunos, com esse tipo de atividades?</p>

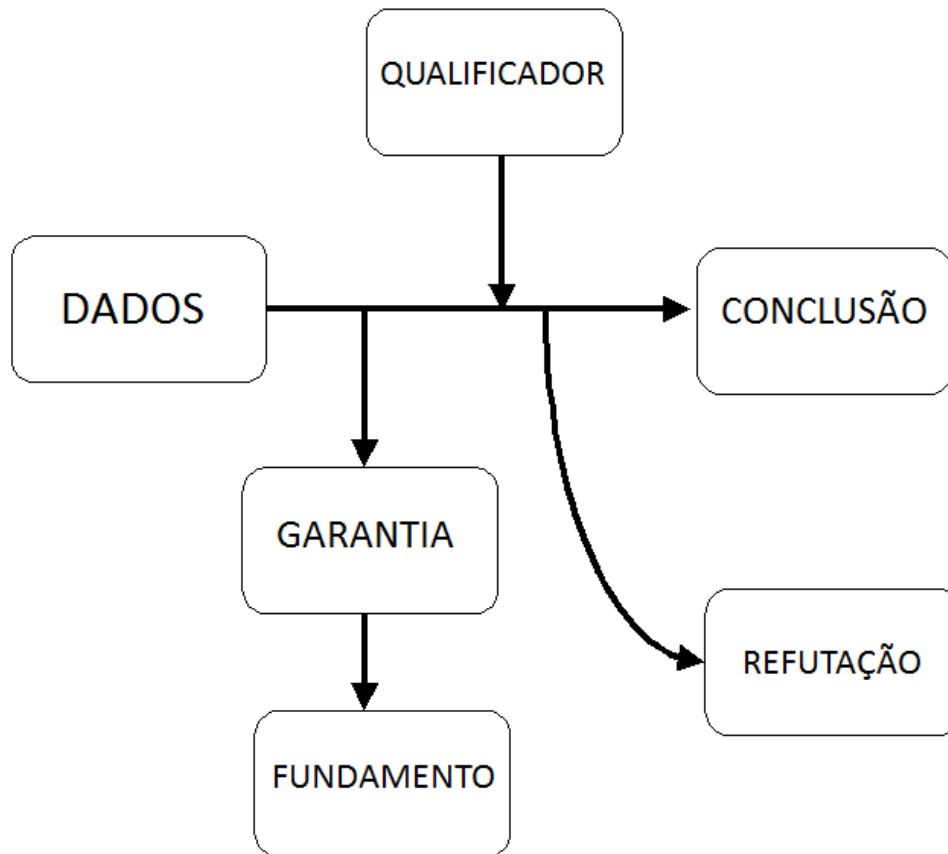
		<p>4.3 Que tipo de instrumentos de avaliação consideram mais adequados para avaliar os alunos, tendo em conta um ensino de ciências orientado para desenvolver a argumentação científica?</p> <p>4.4 Consideram que os exames nacionais (ou os vulgos testes de avaliação) são um instrumento de avaliação adequado para avaliar a argumentação?</p> <p>4.4.1 Porquê?</p> <p>4.4.2 Deem um exemplo de um exercício de um exame nacional em que considerem ser avaliadas competências de argumentação científica dos alunos.</p> <p>4.4.2.1 Porque escolheram esse exercício?</p> <p>4.4.2.2 Consideram que os critérios de avaliação considerados pelos autores das provas são os adequados para uma atividade desse tipo?</p> <p>4.4.2.2.1 Se sim, porquê?</p> <p>4.4.2.2.2 Se não, que alterações propunham?</p>
--	--	--

APÊNDICE IX

**Documentos entregues durante
as sessões de grupo focal**

Modelo de análise de um argumento

(Toulmin, 1958)



Conclusão: O enunciado que se pretende provar ou refutar (um tipo particular de conclusões são as explicações que procuram interpretar fenómenos naturais).

Dados (Provas): Observações, factos ou experiências a que se apela para avaliar a conclusão (enunciado).

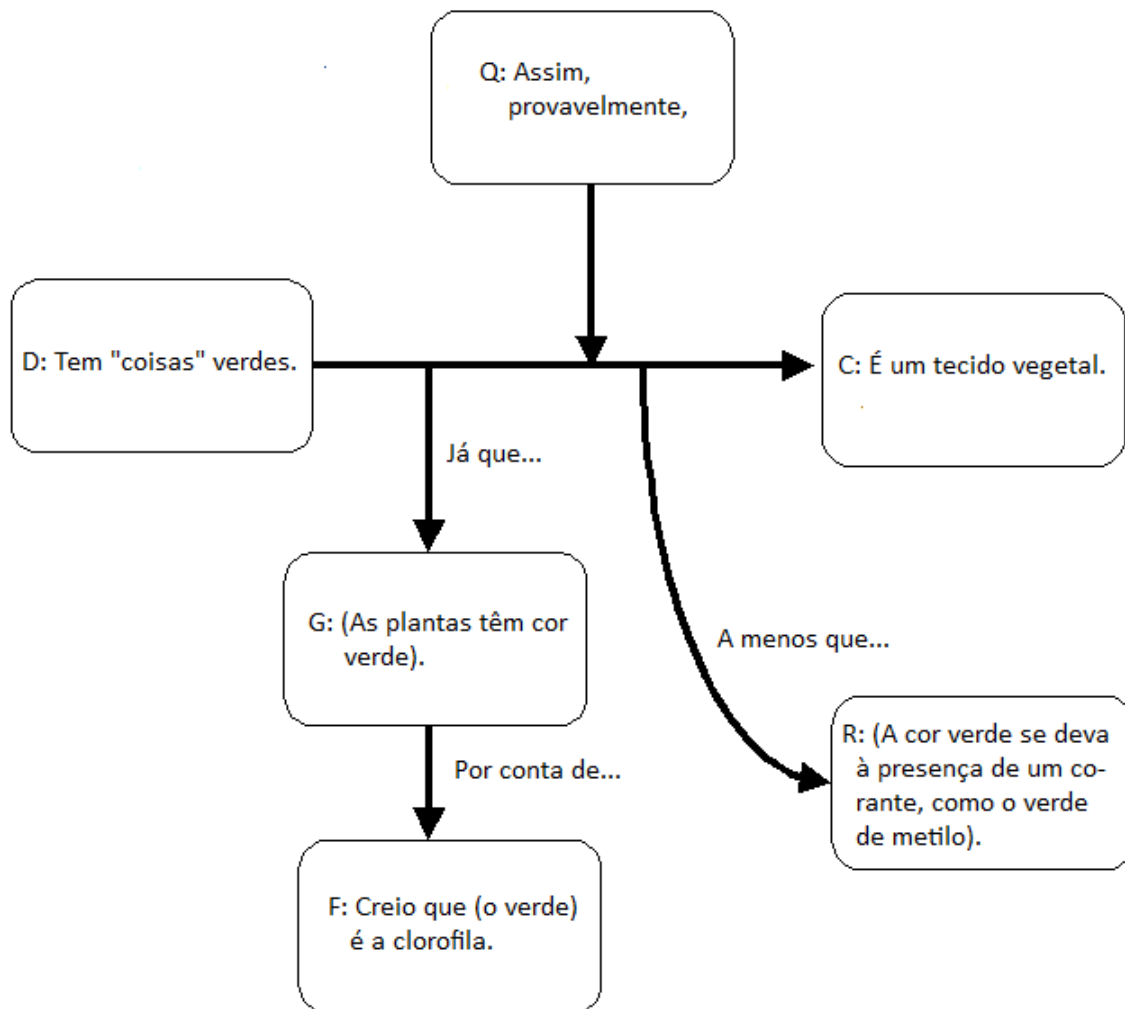
Garantia: É um enunciado que relaciona as conclusões (ou explicações) com os dados.

Fundamento: Apoia a garantia, apelando, por exemplo, a teorias.

Qualificadores modais: Expressa o grau de certeza ou incerteza do argumento, por exemplo, “provavelmente”, “de certeza”, “depende”.

(Condições de) Refutação: Reconhecimento das restrições ou exceções à conclusão. Atualmente, nos debates em que se confrontam duas explicações opostas, entende-se por refutação a crítica das provas do oponente.

Observação de um tecido, ao microscópio.
Será um tecido animal ou vegetal?



Adaptado de:

Jiménez-Aleixandre, M.P., Otero, J.R.G., Santamaria, F.E., & Mauriz, B.P. (2009). *Resources for introducing argumentation and the use of evidence in science classrooms*. Santiago de Compostela: Danú.

Identificação de provas

Como é que sabemos que...?

Na coluna da esquerda encontra algumas ideias abordadas em aulas das disciplinas de ciências.

- Tente escrever na coluna central as *provas* que conheça para cada uma delas;
- Em seguida, tente apresentar uma justificação de como é que a evidência / prova sustenta a ideia.

<i>Ideia (enunciado do conhecimento)</i>	<i>Prova</i>	<i>Justificação</i>
1. Os seres vivos evoluíram ao longo do tempo: as espécies atuais provêm de outras espécies anteriores.		
2. Os seres vivos são formados por células.		
3. O fluxo de energia num ecossistema diminui de um nível trófico para o seguinte, com uma perda de 90% em cada um.		
4. A Terra gira sobre si mesma, o que provoca a alternância do dia e da noite.		
5. A extinção dos dinossaúros deveu-se provavelmente ao impacto de um asteroide.		
6. A Terra tem cerca de 4 600 milhões de anos.		
7. As plantas absorvem dióxido de carbono e libertam oxigénio durante a fotossíntese.		

Adaptado de:

- Jiménez-Aleixandre, M.P., Gallástegui, J.R., Eirexas, F., & Puig, B. (2009). *Resources for introducing argumentation and the use of evidence in science classrooms*. Santiago de Compostela: Danú.
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). *Ideas, Evidence and Argument in Science: CPD Training Pack*. London: King's College London.

APÊNDICE X

**Documento de reflexão prévia
às aulas observadas**

Nome do professor(a):	
Ano/Turma	
Unidade de Ensino:	
Tarefa:	
Data:	

Com este documento pretende-se que possa estruturar as suas perspetivas em relação às propostas de tarefas e atividades que irá implementar nas aulas. Para tal, procure responder às seguintes questões.

1 - Que objetivos / competências pretende que os alunos atinjam / desenvolvam com a(s) tarefa(s) e atividade?

--

2- De que forma irá implementar a(s) tarefa(s) e atividade(s)? Como será efetuada a gestão da sala de aula (trabalho de grupo, individual, outro)?

--

3 – Porque atribui a esta(s) tarefa(s) ou atividade(s) a potencialidade de envolver os alunos na argumentação científica?

4 – Registe, neste espaço, outros aspetos que considere relevantes sobre a planificação da(s) tarefa(s) ou atividade(s) proposta(s).

APÊNDICE XI

Modelo de registo de observação das aulas

Professor
Observação nº
Ano/Turma
Sala
Nº de alunos presentes
Data
Hora

TEMPO	DESCRIÇÃO (Situações, comportamentos)	OBSERVAÇÕES/ INFERÊNCIAS

APÊNDICE XII

**Guiões das entrevistas individuais às
professoras após a observação das
aulas relativas às duas unidades
didáticas**

Professora: Telma

Guião da 1ª entrevista (1ª Parte)

Data: 20 de Dezembro de 2010

1. Que dificuldades sentiste no momento de planificação e elaboração das atividades propostas?
2. Como descreverias as tuas práticas letivas nas aulas em que procuraste desenvolver a argumentação científica dos alunos?
3. O que consideras ter sido mais positivo no teu desempenho em sala de aula? E o menos positivo?
4. O que facilitou e que problemas/dificuldades surgiram no momento de envolver os alunos nas atividades elaboradas?
5. Se pudesses voltar atrás, reformularias algo na planificação ou na implementação das atividades? Se sim, o quê? Se não, porquê?
6. Que dúvidas / dificuldades sentes neste processo?
7. Que expectativas tens para o trabalho que se segue? Que constrangimentos existem ou poderão vir a existir?
8. O que representa em termos pessoais e profissionais o teu envolvimento nesta fase da investigação?

Professora: Telma

Guião da 1ª entrevista individual (2ª Parte)

Data: 19 de Janeiro de 2011

A – A argumentação científica nas aulas

1. Consideras que os objetivos propostos inicialmente (de envolver os alunos em atividades de argumentação científica) foram atingidos? Porquê?
2. Descreve, brevemente, dois momentos das aulas observadas em que consideres que os alunos desenvolveram competências na argumentação e/ou no uso de provas. Porque escolheste estes momentos?
3. Consideras que existiram momentos de desacordo que tenham favorecido a argumentação em sala de aula? Porquê?

B – Papel da professora

4. Ao reconheceres que tens um papel demasiado presente nas aulas, como podes alterar a teu papel na aula no sentido de dar mais voz aos alunos (por exemplo, na discussão das tarefas, na elaboração de sínteses,...)?
5. Respondest, com alguma frequência, de forma direta e imediata às questões dos alunos ou forneces explicações (de figuras, esquemas, ...). Porque atuas desta forma? Consideras que esta atitude favorece a argumentação científica dos alunos?
6. Como se pode gerir uma discussão de sala de aula de forma mais eficiente (com a finalidade de envolver os alunos na argumentação científica)?

C – Papel dos alunos

7. Que papel predominante têm desempenhado os alunos nas tuas aulas?
8. Consideras que esse papel tem favorecido o desenvolvimento de competências de argumentação científica? Porquê?
9. Os alunos têm apresentado dificuldades na construção oral de textos. Concordas com esta afirmação? Se sim, como achas que se pode melhorar este aspeto?

D – Tarefas e Atividades

10. Consideras que as tarefas propostas tinham potencialidades para envolver os alunos na atividade de argumentação científica? Porquê?

11. Consideras que os alunos foram envolvidos na resolução de problemas, na elaboração de hipóteses, na recolha de evidências, na discussão do valor dessas evidências para a construção do conhecimento? Porquê?
12. Na tarefa 1 surgem os termos “evidência” e “fundamento” – já os tinhas abordado anteriormente com os alunos? Se sim, a que atribuis a dificuldade na resolução da tarefa que envolvia a sua utilização? Se não, como poderias ter atuado?

E – Dinâmica de trabalho de grupo / Gestão da sala de aula

13. Os alunos executam, frequentemente, as tarefas em pares ou em grupo. Que vantagens /desvantagens achas que tem para o processo de ensino e aprendizagem e para o desenvolvimento de competências de argumentação científica? Se trabalhassem sozinhos as potencialidades / dificuldades seriam do mesmo tipo? Porquê?
14. Os alunos trocaram de “par” em algumas aulas – porquê? Achas benéfico? Porquê?
15. Quem organizou os grupos? Que critérios presidiram à formação dos grupos?
16. Foram negociadas regras de funcionamento dos grupos? Porquê?

F – Gestão do tempo

17. No início das aulas há cerca de 20 minutos, em média, destinado a tarefas como escrita do sumário e verificação de trabalhos de casa ou tratamento de outros assuntos (p.e., visitas de estudo, verificação das assinaturas de EE nos testes). Consideras estritamente necessário ocupar tempo com este tipo de tarefas? De que forma poderia este tempo ser rentabilizado? Poderiam estas tarefas ser cumpridas noutros momentos (por exemplo, enquanto os alunos realizam outras tarefas ou quando se liga o videoprojector)? Porquê?
18. Disseste na primeira parte desta entrevista que exerces alguma pressão para a conclusão das tarefas no menor período de tempo possível. No entanto, analisar, discutir, refletir, argumentar, negociar significados exigem tempo. Como consideras que se poderá ajustar por um lado o cumprimento dos conteúdos a abordar e o desenvolvimento destas competências?

G – Natureza da ciência e argumentação científica

19. Já referiste anteriormente que gostavas que os alunos “tenham consciência do carácter mutável da ciência, que não há verdades absolutas, que o conhecimento só se constrói se se puserem as coisas em causa”. Consideras que as tuas práticas têm contribuído para essa finalidade? Porquê?
20. Consideras que têm sido exploradas relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade? Em que momentos? Podes dar um exemplo?

H – Desenvolvimento pessoal e profissional

- 21.** O que representa em termos pessoais e profissionais o teu envolvimento nesta fase da investigação?
- 22.** O que perspectivas como útil, daqui para a frente, com esta investigação? Que expectativas tens sobre o que está a ocorrer?

Professora: Telma

Guião da 2ª entrevista individual (2ª Parte)

Data: 19 de Maio de 2011

A – A argumentação científica nas aulas

1. Que episódio(s) das aulas observadas e transcritas selecionaste, tendo como perspetiva que os alunos desenvolveram competências na argumentação? Porque escolheste este(s) episódio(s)? O que consideras significativo nesse(s) episódio(s)?
2. O que entendes, atualmente, por “argumentação científica”?
3. Considera o seguinte episódio de uma das aulas. O que tens a dizer sobre o mesmo em termos de argumentação científica? Consideras que ocorreu argumentação científica? Porquê?

B – Tarefas

4. Que preocupações tiveste quando planeaste as tarefas propostas aos alunos na unidade sobre a fotossíntese?
5. Sentiste dificuldades na construção das tarefas propostas? Porquê?
6. Que aspetos relevantes consideras terem sido contemplados na versão final das tarefas, quando comparas esta versão com a inicial?
7. Consideras que as tarefas propostas envolveram os alunos no processo de argumentação científica? Porquê?
8. Em qual das tarefas apresentadas, houve um maior envolvimento e motivação dos alunos? A que atribuis esse envolvimento/motivação?
9. Proporias algumas alterações em termos das tarefas ou das estratégias implementadas, com a finalidade de potenciarem a argumentação científica? Quais?
10. Como efetuaste a avaliação dos alunos durante os momentos de discussão das tarefas? E nos trabalhos escritos?

C – Perspetivas do professor

11. Que dificuldades ou obstáculos (intrínsecos e/ou extrínsecos) consideras que existem quando pretendes envolver os alunos em atividades de argumentação científica?

12. O que alteravas na tua ação (em sala de aula) de forma facilitar o desenvolvimento da argumentação científica nos alunos?
13. Consideras que os alunos desenvolveram a argumentação científica, ao longo do ano? Que evidências tens disso?

D – Perspetivas dos alunos

14. Durante a realização, em pares, da ficha de trabalho relativa à análise das experiências desenvolvidas por diversos cientistas, detetaste que os alunos apresentaram diversas dificuldades, que chegaste a elencar (interpretação de experiências, identificação de problemas, interpretação de questões). A que atribuis essas dificuldades?
15. No questionário a que os alunos responderam, apenas 45% conseguiram descrever uma situação em que tenham argumentado numa das aulas observadas. Dos restantes, 45% referiram que não se lembravam de qualquer episódio desse tipo, em que tivessem sido intervenientes ou, mesmo, que nunca argumentaram. Como justificas estes dados?
16. Também 45% dos alunos referem que não gostam de argumentar nas aulas de ciências. Como explicas esta resposta?
17. Face à distribuição da percentagem de respostas para cada uma das afirmações da questão 13 do questionário, algum dos valores te surpreende? Porquê?

E – Natureza da ciência e argumentação científica

18. Consideras que com as tarefas propostas, os alunos perceberam o papel da argumentação na construção do conhecimento científico? Porquê?
19. Que outras estratégias ou tarefas poderiam dar um maior relevo à importância da argumentação na construção do conhecimento científico?
20. Nunca utilizaste, ao longo das aulas, qualquer assunto/questão que fosse polémica, em termos sociais e/ou científicos, aquilo a que habitualmente se chama “questões sócio-científicas”. No entanto, a sua exploração pode permitir desenvolver a argumentação científica. Porque não utilizaste esse tipo de questões?

F – Desenvolvimento pessoal e profissional

21. Tendo em conta o percurso que efetuaste, desde a fase inicial do preenchimento do questionário até ao momento presente, que respostas obtiveste para as dúvidas que tinhas? E quais as que permanecem?

- 22.** Que outros aspetos, sobre a argumentação científica nas aulas de ciências, gostarias de explorar, a partir daqui?
- 23.** O que representou, em termos pessoais e profissionais o teu envolvimento neste projeto?
- 24.** Que expectativas tinhas que não foram concretizadas?
- 25.** O que achas que devia mudar nas tuas práticas para promover a argumentação científica?
- 26.** Consideras que houve mudanças
 - a. na tua conceção sobre o conceito de argumentação científica?
 - b. na tua perspetiva sobre o processo de envolver os alunos em atividades de argumentação científica?
 - c. sobre o teu trabalho como professora naquele mesmo processo?
- 26.1** Quais?
- 27.** Que perspetivas se abrem, em termos do teu desenvolvimento profissional, com esta investigação?

Professora: Alcina

Guião da 1ª entrevista individual

Data: 3 de Fevereiro de 2011

A – A argumentação científica nas aulas

1. Descreve, brevemente, dois momentos das aulas observadas em que consideres que os alunos desenvolveram competências na argumentação e/ou no uso de provas. Porque escolheste estes momentos?
2. No documento de reflexão prévia às aulas referiste que “Através dos dados fornecidos e das pesquisas efetuadas os alunos serão questionados de modo a proporcionar-lhes o envolvimento na argumentação científica”. Que papel desempenham as questões no desenvolvimento da argumentação científica?
3. Tendo em conta a mesma afirmação anterior, que tipo de questionamento consideras que deve ser realizado quando se pretende envolver os alunos na argumentação científica?
4. Consideras que os objetivos propostos inicialmente (de envolver os alunos em atividades de argumentação científica) foram atingidos? Porquê?
5. No trabalho sobre a existência de vida noutros planetas do Sistema Solar, os alunos deveriam ter desenvolvido argumentos para defenderem os seus enunciados. Foi discutido, em sala de aula, como construir um argumento? Porquê?
6. Consideras que existiram momentos de desacordo que tenham favorecido a argumentação em sala de aula? Porquê?

B – Papel da professora

7. Que tipo de ações tens desenvolvido nas aulas para promover a argumentação científica dos alunos?
8. Em algumas situações os alunos apresentam dúvidas ou questões que são por ti respondidas. O que te leva a ter este tipo de atitude?
9. Que papel tiveste no acompanhamento de trabalhos realizados pelos alunos que apelavam à mobilização de argumentação científica (p.e., o 1º trabalho sobre a existência de vida noutros planetas do Sistema Solar)? Como realizaste a avaliação dos argumentos apresentados?
10. Consideras que tens centrado nos alunos a apresentação de evidências que permitam justificar os enunciados que elaboram? Porquê?

11. Como pode ser feita a discussão das atividades de forma a desenvolver a argumentação científica dos alunos?

C – Papel dos alunos

12. Que papel predominante têm desempenhado os alunos nas tuas aulas?
13. Consideras que esse papel tem favorecido o desenvolvimento de competências de argumentação científica? Porquê?
14. Os alunos têm apresentado dificuldades na construção oral ou escrita de textos. Concordas com esta afirmação? Se sim, como achas que se pode melhorar este aspeto?
15. Os alunos têm revelado uma necessidade de aceitação por parte da professora (p.e., em relação a respostas a questões de fichas de trabalho). De que modo se pode compatibilizar este tipo de expectativas (a procura pela resposta certa) com o desenvolvimento da argumentação científica?
16. Consideras relevante a apresentação dos trabalhos pelos alunos para o desenvolvimento da argumentação científica? Se sim, porque nem sempre tens proporcionado essa apresentação (p.e., trabalho final da UE de Sismologia, atividade laboratorial)?

D – Tarefas e Atividades

17. Das tarefas propostas quais as que consideras que apresentavam maiores potencialidades para envolver os alunos em atividades de argumentação científica? Porquê?
18. Consideras que os alunos foram envolvidos na resolução de problemas, na elaboração de hipóteses, na recolha de evidências, na discussão do valor dessas evidências para a construção do conhecimento? Porquê?
19. Na tarefa da atividade laboratorial, os alunos foram conduzidos à execução de um protocolo. O que pretendias que eles desenvolvessem em termos de argumentação científica com este tipo de atividade?
20. Proporias algumas alterações que potenciasses mais a argumentação científica naquela atividade ou noutras? Quais?
21. Em que tipo de atividades sentes que há uma maior motivação dos alunos? Como o justificas?

E – Dinâmica de trabalho de grupo

22. Os alunos executam, frequentemente, as tarefas em grupo (por vezes, em pares). Que vantagens /desvantagens achas que tem para o processo de ensino e aprendizagem e para o desenvolvimento da argumentação científica? Se trabalhassem sozinhos as potencialidades / dificuldades seriam do mesmo tipo? Porquê?

- 23. Quem (re)organizou os grupos? Que critérios presidiram à formação dos grupos?
- 24. Foram negociadas regras de funcionamento dos grupos? Porquê?

F – Ciência e Argumentação

- 25. Na atividade laboratorial houve um grupo de alunos que não cumpriu totalmente o protocolo, tendo colocado água a mais no dispositivo. Na discussão com a turma consideraste isto como um “erro” ou que “não correu bem”. Que imagem de Ciência pretendes transmitir com este tipo de comentários?
- 26. Como se poderá aproveitar este tipo de situações para que os alunos possam desenvolver uma imagem de ciência em que a argumentação seja considerada um elemento fundamental na construção do conhecimento científico?

G – Desenvolvimento pessoal e profissional

- 27. Que dificuldades ou dúvidas tens sentido neste processo?
- 28. O que representa em termos pessoais e profissionais o teu envolvimento nesta fase da investigação?
- 29. O que perspectivas como útil, daqui para a frente, com esta investigação? Que expectativas tens sobre o que está a ocorrer?

Professora: Alcina

Guião da 2ª entrevista individual

Data: 15 de Junho de 2011

A – A argumentação científica nas aulas

1. Que episódio(s) das aulas observadas e transcritas selecionaste, tendo como perspetiva que os alunos desenvolveram competências na argumentação? Porque escolheste este(s) episódio(s)? O que consideras significativo nesse(s) episódio(s)?
2. O que entendes, atualmente, por “argumentação científica”?
3. Considera o seguinte episódio de uma das aulas. O que tens a dizer sobre o mesmo em termos de argumentação científica? Consideras que ocorreu argumentação científica? Porquê?

B – Tarefas

4. Que preocupações tiveste quando planeaste as tarefas propostas aos alunos na unidade sobre a fotossíntese?
5. Porque decidiste utilizar as tarefas que elaboraste para o teu estudo (Mestrado), nomeadamente as relativas a trabalhos laboratoriais?
6. Consideras que o tipo de trabalhos experimentais que propuseste potenciam o desenvolvimento de competências de argumentação nos alunos? Porquê? Que vantagens ou desvantagens apresenta este tipo de atividade para o desenvolvimento da argumentação?
7. Que aspetos relevantes para o desenvolvimento da argumentação científica, consideras terem sido contemplados na versão final das tarefas, quando comparas esta versão com a inicial?
8. Na tarefa de natureza experimental mais aberta, todos os alunos acabaram por realizar o mesmo procedimento e a elaborar uma nova questão idêntica. Que explicação tens para esta situação?
9. Proporias algumas alterações em termos das tarefas ou das estratégias implementadas, com a finalidade de potenciarem a argumentação científica? Quais?
10. Como efetuaste a avaliação dos alunos em relação às tarefas propostas?

C – Perspetivas do professor

- 11.** Que dificuldades ou obstáculos (intrínsecos e/ou extrínsecos) consideras que existem quando pretendes envolver os alunos em atividades de argumentação científica?
- 12.** O que alteravas na tua ação (em sala de aula) de forma facilitar o desenvolvimento da argumentação científica nos alunos?
- 13.** Consideras que os alunos desenvolveram a argumentação científica, ao longo do ano? Que evidências tens disso?
- 14.** O programa da disciplina de Biologia refere explicitamente que se deve evitar “o estudo aprofundado das reações bioquímicas que se processam nas fases fotoquímica e química”. Porque consideraste relevante efetuar esse estudo na aula? Consideras que ele é relevante para os processos de argumentação científica dos alunos? Que competências desenvolvem os alunos com a abordagem realizada?

D – Perspetivas dos alunos

- 15.** Durante a comunicação dos resultados das atividades experimentais, os alunos revelaram alguma insegurança e nem sempre fundamentaram as suas conclusões, ou nem sempre as conclusões eram suportadas pelos dados recolhidos. A que atribuis estas situações? Como se podem melhorar estes aspetos? Consideras que estes momentos de comunicação foram importantes para o desenvolvimento de competências de argumentação científica? Porquê?
- 16.** No questionário a que os alunos responderam, 57% conseguiram referir uma situação em que tenham argumentado (quer em aulas formais, saída de campo, trabalhos elaborados). No entanto, 43% referiram que não se lembravam de qualquer episódio desse tipo, em que tivessem sido intervenientes ou não responderam. Como justificas estes dados?
- 17.** Face à distribuição da percentagem de respostas para cada uma das afirmações da questão 13 do questionário, algum dos valores te surpreende? Porquê?

E – Ciência e argumentação

- 18.** Consideras que com as tarefas propostas, os alunos perceberam o papel da argumentação na construção do conhecimento científico? Porquê?
- 19.** Que outras estratégias ou tarefas poderiam dar um maior relevo à importância da argumentação na construção do conhecimento científico?
- 20.** Nunca utilizaste, ao longo destas aulas (fotossíntese), qualquer assunto/questão que fosse polémica, em termos sociais e/ou científicos, aquilo

a que habitualmente se chama “questões sócio-científicas”. No entanto, a sua exploração pode permitir desenvolver a argumentação científica. Porque não utilizaste esse tipo de questões?

F – Desenvolvimento pessoal e profissional

- 21.** Tendo em conta o percurso que efetuaste, desde a fase inicial do preenchimento do questionário até ao momento presente, que respostas obtiveste para as dúvidas que tinhas? E quais as que permanecem?
- 22.** Que outros aspetos, sobre a argumentação científica nas aulas de ciências, gostarias de explorar, a partir daqui?
- 23.** O que representou, em termos pessoais e profissionais o teu envolvimento neste projeto?
- 24.** Que expectativas tinhas que não foram concretizadas?
- 25.** O que achas que devia mudar nas tuas práticas para promover a argumentação científica?
- 26.** Consideras que houve mudanças
 - a. na tua conceção sobre o conceito de argumentação científica?
 - b. na tua perspetiva sobre o processo de envolver os alunos em atividades de argumentação científica?
 - c. sobre o teu trabalho como professora naquele mesmo processo?
- 26.1** Quais?
- 27.** Que perspetivas se abrem, em termos do teu desenvolvimento profissional, com esta investigação?

APÊNDICE XIII

**Questionário distribuído aos alunos
no final da lecionação da
Unidade Didática 2**

QUESTIONÁRIO

Este questionário insere-se no âmbito de uma investigação relacionada com a argumentação científica no ensino das ciências. Foi elaborado com o objetivo de conhecer a tua opinião acerca da argumentação científica nas tuas aulas de Biologia e Geologia, deste ano letivo. A confidencialidade dos dados encontra-se assegurada. Este instrumento não é um teste e não tem qualquer influência na tua classificação. Não existem respostas corretas ou incorretas. Assim, agradeço a maior sinceridade no seu preenchimento.

NOTA: A referência ao termo *argumentação*, neste questionário, deve entender-se no contexto da ciência, ou das aulas de ciências (Biologia e Geologia, no caso presente).

1. Sexo: ☐ Feminino ☐ Masculino

2. Data de nascimento (mês/ano): ____/____/19____

3. Já alguma vez reprovaste? ☐ Sim ☐ Não

4. Escreve três palavras que associes a ciência.

5. Escreve três palavras que associes a argumentação.

6. Assinala a afirmação que consideras que mais se aproxima do que ocorre nas tuas aulas.

☐ Há argumentação em todas as aulas de Biologia e Geologia.

☐ Há argumentação em algumas aulas de Biologia e Geologia.

☐ Raramente há argumentação nas aulas de Biologia e Geologia.

☐ Nunca há argumentação nas aulas de Biologia e Geologia.

7. Quais são as atividades que consideras mais adequadas para argumentares nas aulas de Biologia e Geologia? (Assinala apenas as **duas opções que consideras mais adequadas**)

☐ Resolução de exercícios do manual

☐ Resolução de fichas de trabalho

☐ Trabalhos de pesquisa

☐ Discussão de assuntos científicos polémicos

☐ Atividades laboratoriais

☐ Revisão de assuntos abordados

☐ Análise e discussão de notícias

☐ Outra

☐ Construção de mapas de conceitos

Qual? _____

☐ Explicação de conceitos científicos

7.1 Que razões te levaram a selecionar as duas atividades assinaladas em 7? (Apresenta a justificação para cada uma das escolhas).

8. Consideras importante que o(a) teu (tua) professor(a) proponha atividades de sala de aula em que tens a possibilidade de argumentar sobre um determinado assunto? Porquê?

9. Descreve uma situação em que consideres que tenhas argumentado durante uma aula de Biologia e Geologia, nas unidades de “Sismologia” ou “Obtenção de matéria pelos seres autotróficos” durante este ano letivo.

10. Consideras que a argumentação faz parte da atividade dos cientistas? Porquê?

11. Consideras o trabalho em grupo/pares útil para desenvolveres a tua argumentação? Porquê?

12. Gostas de argumentar nas aulas de ciências? Porquê?

13. Em relação a cada uma das seguintes afirmações, assinala com uma cruz (X) o espaço correspondente à opção que mais se adequa ao que pensas.

	Dissoordo Totalmente	Dissoordo Parcialmente	Consoordo Parcialmente	Consoordo Totalmente
A - As aulas de Biologia e Geologia tornam-me mais crítico.				
B - Os cientistas seguem os passos do método científico que os conduz sempre a respostas para os problemas que formularam.				
C - Habitualmente explico ou justifico as afirmações que faço nas aulas de Biologia e Geologia.				
D - As minhas ideias /sugestões são aproveitadas pelo(a) professor(a) ou pelos meus colegas durante as discussões nas aulas de Biologia e Geologia.				
E - Habitualmente, aceito as explicações científicas do professor sem as questionar.				
F - Os cientistas são neutros e objetivos.				
G - Habitualmente, o(a) professor(a) de Biologia e Geologia faz questões que me permitem argumentar.				
H - A comunidade científica apenas considera válida uma teoria quando esta é suportada por dados científicos (obtidos através de atividades laboratoriais ou observações).				
I - Habitualmente, justifico as minhas afirmações perante os meus colegas nas aulas de Biologia e Geologia.				
J - Utilizo evidências/provas/dados científicos para justificar as minhas afirmações nas aulas de Biologia e Geologia.				
K - Os cientistas servem-se das argumentações para persuadir outros cientistas para aceitarem as suas ideias.				
L - Habitualmente, o(a) meu (minha) professor(a) procura que eu explique as minhas afirmações nas aulas de Biologia e Geologia.				

Antes de devolves ao (à) teu (tua) professor(a), verifica, por favor, se respondeste a **todos** os itens.

Muito obrigado pela tua colaboração!

APÊNDICE XIV

Mapas de episódios das aulas observadas

Professora: Telma / Aula observada: 38 Data: 13/12/2010

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
1	2.02/5.12	P	Gestão	Procura estabelecer ordem na sala, enquanto vai preparando o material para a aula. Simultaneamente, surgem algumas conversas privadas com alunos
2	5.12/6.44	P	Agenda	A professora regista o sumário, resumindo os assuntos tratados na aula anterior.
3	6.44/6.49	P	Gestão	A professora repreende um aluno por ter entrado na sala com atraso.
4	6.49/7.37	P	Agenda	A professora refere que na aula seguinte se irá realizar uma atividade prática.
5	7.37/9.14	P	Agenda	A professora continua a recordar os conteúdos da aula anterior e a registar o sumário.
6	9.14/9.21	A	Gestão	Um aluno questiona a professora sobre a correção dos testes.
7	9.21/10.17	P	Gestão	A professora confere as faltas dos alunos e conclui o registo do sumário no livro de ponto.
8	10.17/10.25	P	Gestão	A professora procura impor alguma ordem na sala e chama a atenção a um aluno.
9	10.25/15.57	P	Agenda	A professora conversa com os alunos sobre uma visita de estudo a realizar ao CCV de Estremoz, sobre as olimpíadas do ambiente, sobre os testes e sobre o preenchimento da ficha de autoavaliação, que será realizada na próxima aula.
10	15.57/18.47	P	Gestão	A professora confere quem tem a ficha entregue na aula anterior e pede aos alunos que não a têm consigo, que registem as respostas às questões no respetivo caderno.
11	18.47/19.17	P	Agenda	A professora recorda o assunto da atividade desenvolvida pelos alunos na aula anterior.
12	19.17/19.52	P	Conteúdo	Os sismos como resultantes de processos de geodinâmica interna da Terra.
13	19.52/20.31	P	Agenda	A professora descreve sumariamente a atividade 1 realizada pelos alunos na aula anterior.
14	20.31/20.54	P	Conteúdo	Os materiais sofrem deformações provocadas por tensões.
15	20.54/21.21	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos têm dúvidas sobre o conteúdo teórico da atividade.
16	21.21/21.27	P	Gestão	A professora questiona um aluno sobre o que se passa. Uma aluna pergunta se é para passar o que está no quadro.
17	21.27/26.35	P	Conteúdo	Deformação elástica e deformação plástica.
18	26.35/26.43	P	Gestão	A professora questiona se os alunos têm dúvidas sobre o conteúdo discutido antes.
19	26.43/28.07	P	Conteúdo	Deformação elástica e plástica (continuação).
20	28.07/28.11	P	Gestão	A professora questiona os alunos se existem dúvidas e decide prosseguir.
21	28.11/30.16	P	Agenda	A professora refere-se à atividade e aos materiais que os alunos utilizaram na aula anterior.
22	30.16/31.32	P	Conteúdo	A deformação elástica da régua.
23	31.32/33.53	P	Conteúdo	Evidências e fundamento
24	33.53/34.19	P	Gestão	A professora questiona acerca dos registos das respostas de um grupo (que não os trouxe para a aula), passando de seguida a solicitar a resposta de outro grupo.
25	34.19/36.26	P	Conteúdo	Deformação elástica – preenchimento do quadro da ficha.
26	36.26/36.40	P	Gestão	A professora questiona os alunos se os alunos estão a acompanhar o raciocínio e a relação causa-efeito.
27	36.40/37.20	A	Gestão	Um aluno reclama dificuldade em ver para o quadro. A professora pede a atenção dos alunos e lê a resposta registada no quadro.
28	37.20/37.38	A	Agenda	Um aluno questiona a professora se a resposta registada era a dele. Em seguida, prossegue dizendo que em seguida, vão discutir a situação relativa à plasticina.

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
29	37.38/40.52	A	Conteúdo	Acerca do conceito de evidência
30	40.52/40.54	P	Gestão	A professora pede aos alunos para se calarem.
31	40.54/41.20	P	Conteúdo	Acerca do conceito de fundamento.
32	41.20/41.30	P	Gestão	A professora questiona os alunos se existem dúvidas e decide prosseguir.
33	41.30/42.33	P	Conteúdo	Deformação plástica na plasticina
34	42.33/42.36	P	Gestão	A professora procura saber se todos os alunos estão a acompanhar o raciocínio.
35	42.36/43.23	P	Conteúdo	Evidências da deformação plástica na plasticina.
36	43.23/44.34	P	Conteúdo	Deformação na plasticina.
37	44.34/44.40	A	Gestão	Um aluno interroga a professora acerca de uma palavra pouco legível que está registada no quadro.
38	44.40/45.26	P	Conteúdo	Fundamento para a deformação plástica (plasticina)
39	45.26/47.10	P	Gestão	A professora chama a atenção de um aluno. Em seguida, preenche no quadro os elementos relativos à tabela da ficha. Em seguida, inicia uma conversa particular com um aluno sobre o uso de uma palavra na tabela "permanentemente". Procura saber, ainda, se todos os alunos estão a compreender os assuntos.
40	47.10/47.43	P	Gestão	Solicita a um aluno que responda ao item 3 da "atividade 1".
41	47.43/48.02	P	Gestão	A professora chama a atenção de uma aluna, instando-a a mudar a sua postura na aula.
42	48.02/49.46	P	Conteúdo	Comportamento frágil dos materiais (régua)
43	49.46/50.29	P	Conteúdo	Síntese sobre o comportamento frágil dos materiais
44	50.29/50.31	P	Gestão	A professora questiona se há dúvidas.
45	50.31/50.45	P	Conteúdo	O significado de frágil e rígido.
46	50.45/52.00	P	Conteúdo	Prever o comportamento da plasticina
47	52.00/52.20	P	Gestão	A professora questiona os alunos se existem dúvidas e decide prosseguir.
48	52.20/53.22	P	Gestão	Prepara os alunos para a realização da "atividade 2".
49	53.22/54.40	P	Gestão	A professora dá instruções sobre a organização dos grupos.
50	54.40/56.31	P	Gestão	A professora esclarece com os alunos o que se pretende com as questões
51	56.31/57.14	A	Conteúdo	Tensões confinantes
52	57.14/01.16.09	P	Gestão	A professora estipula o tempo para a realização da tarefa (Atividade 2) e vai acompanhando o trabalho realizado.
53	1.16.09/1.18.05	P	Gestão	A professora prepara os materiais (PP) para a discussão das questões e solicita a atenção dos alunos referindo que o final da aula se aproxima.
54	1.18.05/1.19.23	P	Gestão	A professora resume o que se pretendia com a questão da atividade 2.
55	1.19.23/1.21.25	P	Gestão	A professora solicita a um aluno que leia a introdução da "atividade 2", resumindo-a de seguida.

Professora: Telma / Aula observada: 38 Data: 13/12/2010

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
56	1.21.25/1.26.18	P	Conteúdo	Comportamento dos materiais rochosos em função das tensões neles exercidas.
57	1.26.18/1.26.32	P	Gestão	A professora dá a aula por encerrada.

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
1	4.07/5.52	P	Agenda	A professora revê com os alunos os assuntos abordados na aula anterior.
2	5.52/6.19	P	Gestão	A professora regista parte do sumário no quadro.
3	6.19/10.46	P	Agenda	A professora revê os principais assuntos abordados na aula anterior.
4	10.46/11.53	P	Conteúdo	Amplitude de uma onda
5	11.53/11.57	P	Gestão	A professora certifica-se que os alunos não têm dúvidas
6	11.57/13.14	P	Agenda	A professora retoma aspetos discutidos na aula anterior
7	13.14/13.16	P	Gestão	A professora certifica-se que os alunos não têm dúvidas
8	13.14/13.58	P	Agenda	A professora continua a rever assuntos abordados na aula anterior.
9	13.58/15.20	P	Gestão	A professora distribui uma ficha-síntese relativa às características das ondas sísmicas, esclarecendo o seu objetivo.
10	15.20/16.59	P	Gestão	A professora informa os alunos que as fórmulas da velocidade das ondas sísmicas que constam do manual escolar não são relevantes pelo que não é necessário dar-lhes relevância.
11	16.59/20.40	P	Gestão	A professora solicita aos alunos que iniciem a resolução da ficha, estabelecendo, posteriormente, o tempo de 10 minutos destinado à atividade. Em seguida, esclarece alguns aspetos da ficha com a turma.
12	20.40/49.00	P	Gestão	Os alunos realizam, em grupo, a tarefa.
13	49.00/49.35	P	Gestão	A professora dá por terminado o trabalho em grupo. Inicia a discussão na turma selecionando um grupo para responder, apelando à atenção dos restantes alunos.
14	49.35/49.43	P	Conteúdo	Origem das ondas <u>internas</u> .
15	49.43/49.51	P	Gestão	A professora procura certificar-se que todos os alunos colocaram a mesma resposta.
16	49.51/50.15	P	Conteúdo	Local de propagação das ondas primárias.
17	50.15/50.25	P	Gestão	A professora procura certificar-se de que os alunos não têm dúvidas, dando seguimento à discussão.
18	50.25/52.22	P	Conteúdo	Características gerais das ondas primárias.
19	52.22/52.48	P	Gestão	A professora prossegue, indicando a próxima característica e solicitando a um grupo para ler a resposta.
20	52.48/53.55	A	Conteúdo	Modo de propagação das ondas.
21	53.55/54.34	P	Gestão	A professora procura certificar-se que os alunos responderam de forma semelhante. Em seguida, pede a um aluno para ir registar no quadro um esquema. O aluno vai ao quadro e regista a resposta.
22	54.34/55.41	P	Conteúdo	Explicação do esquema relativo ao modo de propagação das ondas primárias
23	55.41/55.46	P	Gestão	A professora procura certificar-se que os alunos não têm dúvidas.
24	55.46/56.15	P	Gestão	A professora prossegue para uma outra característica – <u>deformação dos materiais provocada pela passagem das ondas primárias</u> – mas apercebe-se que a informação consta da ficha, acabando por lê-la.
25	56.16/59.16	P	Conteúdo	Meios de propagação das ondas primárias.
26	59.16/59.27	P	Gestão	A professora procura certificar-se que nenhum aluno apresenta dúvidas em relação ao assunto. Em seguida, refere que se passa à segunda coluna da ficha, iniciando outra ronda de questionamento.
27	59.27/59.57	P	Conteúdo	Identificação das ondas secundárias.
28	59.57/1.00.06	P	Gestão	A professora refere que se esqueceu de constatar se todos os alunos concordavam com a resposta proposta por duas alunas.

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
29	1.00.06/1.00.16	P	Conteúdo	Modo de propagação das ondas secundárias.
30	1.00.16/1.00.20	A	Gestão	Um aluno reclama que não ouviu a resposta e a professora pede para a aluna fala num tom mais alto.
31	1.00.20/1.00.48	A	Conteúdo	Modo de propagação das ondas secundárias.
32	1.00.48/1.01.14	P	Gestão	A professora solicita a uma aluna que vá ao quadro registar o esquema correspondente ao modo de propagação das ondas secundárias.
33	1.01.14/1.02.31	P	Conteúdo	Esquema do modo de propagação das ondas secundárias.
34	1.02.31/1.03.13	P	Conteúdo	Deformação dos materiais atravessados por ondas secundárias.
35	1.03.13/1.03.30	P	Gestão	A professora procura certificar-se que os alunos preencheram a ficha de forma adequada.
36	1.03.30/1.04.59	P	Conteúdo	Meio de propagação das ondas secundárias
37	1.04.59/1.05.14	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos têm dúvidas e avança para a síntese relativa às ondas superficiais.
38	1.05.14/1.05.25	P	Conteúdo	Características gerais das ondas superficiais.
39	1.05.25/1.05.26	P	Gestão	A professora certifica-se que as respostas dos alunos no preenchimento da informação geral relativa às ondas superficiais foi idêntica.
40	1.05.26/1.05.34	P	Conteúdo	Local de propagação na geosfera das ondas superficiais.
41	1.05.34/1.05.37	P	Gestão	A professora certifica-se que as respostas dos alunos no preenchimento da informação geral relativa às ondas superficiais foi idêntica.
42	1.05.37/1.06.36	P	Conteúdo	Modo de propagação das ondas de Love.
43	1.06.36/1.06.45	P	Gestão	A professora chama a atenção dos alunos para ouvirem a resposta das colegas.
44	1.06.45/1.07.18	P	Conteúdo	Descrição da vibração das partículas atravessadas por ondas de Love.
45	1.07.18/1.07.28	P	Gestão	A professora procura saber se há respostas diferentes.
46	1.07.28/1.08.27	P	Conteúdo	Descrição da vibração das partículas atravessadas por ondas de Love.
47	1.08.27/1.08.45	P	Conteúdo	Deformação dos materiais atravessados pelas ondas de Love.
48	1.08.45/1.08.59	P	Gestão	A professora reforça a resposta, questionando se todos os alunos registaram o mesmo.
49	1.08.59/1.09.17	P	Conteúdo	Meios de propagação das ondas de Love
50	1.09.17/1.09.21	P	Gestão	A professora procura certificar-se que os alunos não têm dúvidas?
51	1.09.21/1.10.02	P	Conteúdo	Modo de propagação das ondas de Rayleigh
52	1.10.02/1.10.27	P	Gestão	A professora procura voluntário para ir ao quadro elaborar o esquema relativo ao modo de propagação.
53	1.10.27/1.11.05	P	Conteúdo	Esquema do modo de propagação das ondas de Rayleigh.
54	1.11.05/1.11.14	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos esquematizaram tal como está representado no quadro,
55	1.11.14/1.12.29	P	Conteúdo	Deformação dos materiais atravessados pelas ondas de Rayleigh
56	1.12.29/1.13.04	P	Conteúdo	Meios de propagação das ondas de Rayleigh
57	1.13.04/1.14.05	P	Conteúdo	Identificação de variáveis (setas).

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
58	1.14.05/1.14.21	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos têm dúvidas.
59	1.14.21/1.21.11	P	Conteúdo	Sismógrafos .
60	1.21.11/1.21.13	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos têm dúvidas.
61	1.21.13/1.24.42	A	Conteúdo	Previsão sísmica
62	1.24.42/1.25.28	P	Conteúdo	Sismógrafos
63	1.25.28/1.25.45	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos têm dúvidas.
64	1.25.45/1.26.12	P	Gestão	Instruções relativas à análise de sismogramas para a resolução do exercício do manual.
INTERVALO				
65	0.16/2.15	P	Conteúdo	Sismogramas – dados relevantes.
66	2.15/2.49	P	Agenda	A professora refere que os alunos vão realizar uma tarefa, descrevendo-a.
67	2.49/4.52	P	Gestão	A professora descreve com pormenor a tarefa que consta do manual.
68	4.52/5.38	P	Conteúdo	Análise de sismogramas.
69	5.38/6.09	P	Gestão	A professora procura certificar-se que todos os alunos fazem a mesma análise a partir da leitura de um sismograma presente na tarefa.
70	6.09/10.32	P	Conteúdo	Atraso das ondas S – Seu significado.
71	10.32/12.45	P	Conteúdo	Analogia para facilitar a compreensão do significado do atraso das ondas S.
72	12.45/15.17	P	Conteúdo	Processos para a partir da análise de sismogramas determinar a proximidade do epicentro de um sismo.
73	15.17/18.10	P	Gestão	A professora discute com os alunos, de forma pormenorizada, os dados que constam da tarefa, sob a forma gráfica.
74	18.10/18.54	P	Conteúdo	A relação entre a distância epicentral e o atraso das ondas S.
75	18.54/20.20	P	Gestão	A professora solicita aos alunos para realizarem o exercício do Manual, referindo que devem construir uma tabela que podem desenhar no manual. Em seguida, a professora desenha no quadro a tabela para registo dos dados.
76	20.20/22.11	P	Conteúdo	Dados obtidos a partir da leitura de informação gráfica da tarefa.
77	22.11/22.17	P	Gestão	A professora, em ronda pela sala, procura saber se os alunos estão a encontrar dificuldades.
78	22.17/24.44	P	Gestão	A professora fornece indicações aos alunos sobre como resolver a tarefa, ao mesmo tempo em que vai obtendo os dados de leitura dos sismogramas da tarefa.
79	24.44/29.33	P	Conteúdo	Determinação do epicentro de um sismo – aspetos procedimentais.
80	29.33/30.26	P	Agenda	A professora marca trabalho para casa – concluir a realização da tarefa sobre a determinação do epicentro de um sismo.
81	30.26/36.03	P	Conteúdo	Magnitude de um sismo.
82	36.03/36.06	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos têm dúvidas.
83	36.06/37.22	P	Agenda	A professora marca outro trabalho de casa – determinação da magnitude de um sismo
84	37.22/40.31	P	Conteúdo	Escala de intensidades

Professora: Telma / Aula observada: 42 Data: 04/01/2011

85	40.31/40.40	P	Agenda	A professora refere que a escala de intensidades será abordada com mais pormenor na próxima aula. Relembra, ainda, os alunos para realizarem o trabalho de casa.
----	-------------	---	--------	--

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
1	3.06/7.00	P	Gestão	A professora pede a uma aluna para distribuir as fichas de trabalho da aula anterior, escreve o sumário e regista as faltas dos alunos.
2	7.00/7.09	P	Agenda	A professora refere que vão discutir a ficha que os alunos estiveram a realizar na aula anterior.
3	7.09/7.23	P	Gestão	A professora refere que vai baixar o ecrã de projeção para os alunos visualizarem melhor os slides
4	7.23/8.04	P	Agenda	A professora retoma a referência geral aos trabalhos de investigação que constam da ficha de trabalho.
5	8.04/8.27	P	Conteúdo	A fotossíntese enquanto processo que se foi aprofundando ao longo do tempo com recurso a várias investigações
6	8.27/8.37	P	Agenda	Informa os alunos que irão analisar e discutir, nas próximas aulas, alguns dos referidos trabalhos experimentais.
7	8.37/9.05	P	Conteúdo	Aspetos da natureza da ciência – construção do conhecimento
8	9.05/11.10	P	Conteúdo	A experiência de Van Helmont.
9	11.10/12.32	P	Agenda	A professora recorda, de aulas passadas, os passos a que uma investigação deve obedecer.
10	12.32/15.07	P	Conteúdo	Identificação do problema da experiência de van Helmont.
11	15.07/15.16	P	Gestão	A professora certifica-se de que os alunos compreenderam o problema relativo à experiência de V. Helmont.
12	15.16/15.45	P	Gestão	A professora pede a uma aluna para ler a resposta que construiu para o item 1.
13	15.45/21.51	A	Conteúdo	Fatores responsáveis pelo crescimento de uma planta (conclusão da experiência)
14	21.51/22.06	P	Gestão	A professora procura certificar-se que os alunos compreenderam a conclusão obtida na experiência de Van Helmont.
15	22.06/23.02	P	Conteúdo	A professora convida a aluna a melhorar a resposta dada ao item 1.
16	23.02/24.06	P	Gestão	A professora procura certificar-se que os alunos não têm dúvidas sobre a resposta ao item 1.
17	24.06/24.13	P	Agenda	A professora diz que irão, em seguida, avançar para uma outra experiência.
18	24.13/27.21	A	Gestão	Um aluno pergunta se não será registada a resposta tipo no quadro e a professora acaba por fazê-lo com a ajuda dos alunos, sendo construída uma síntese da discussão prévia.
19	27.21/31.13	P	Conteúdo	Análise da experiência de Stephen Hales – descrição.
20	31.13/33.25	P	Conteúdo	Identificação do problema da experiência do item 2.
21	33.25/34.21	P	Gestão	A professora procura certificar-se que os alunos concordam com o problema formulado.
22	34.21/35.08	P	Gestão	A professora solicita a uma aluna que leia a alínea b), do item 2.
23	35.08/39.19	P	Conteúdo	Fatores que intervêm na experiência do item 2.
24	39.19/46.32	P	Conteúdo	Planificação de uma experiência.
25	46.32/51.15	P	Conteúdo	Operacionalização do controlo da variável “ar”.
26	51.15/52.16	P	Conteúdo	A professora salienta a necessidade de se planificar uma experiência com cuidado.
27	52.16/56.00	A	Conteúdo	Discutindo um planeamento proposto por uma aluna.
28	56.00/56.53	P	Agenda	A professora afirma que vão avançar e descreve a experiência de Priestley.

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
29	56.53/1.00.18	P	Conteúdo	Descrição e resultados da experiência de Priestley.
30	1.00.18/1.00.32	P	Gestão	A professora certifica-se que os alunos conseguiram ler a figura.
31	1.00.32/1.04.03	P	Conteúdo	Interpretação do resultado do dispositivo A da experiência de Priestley.
32	1.04.03/1.04.44	P	Conteúdo	Interpretação do resultado do dispositivo B da experiência de Priestley.
33	1.04.44/1.04.49	P	Gestão	A professora certifica-se que os alunos concordam com a interpretação dada.
34	1.04.49/1.07.38	P	Conteúdo	Interpretação do resultado do dispositivo C da experiência de Priestley.
35	1.07.38/1.09.37	P	Conteúdo	Trocas gasosas entre as plantas e o ar atmosférico
36	1.09.37/1.10.15	P	Gestão	A professora procura perceber se os alunos concordam com o esquema que está registado no quadro.
37	1.10.15/1.11.24	P	Conteúdo	Previsão de resultados face a uma possibilidade de alteração no planeamento experimental.
38	1.11.24/1.11.36	P	Gestão	A professora procura saber se há quem tenha elaborado previsões diferentes.
39	1.11.36/1.12.03	A	Conteúdo	Um aluno propõe uma nova previsão que diverge na essência das outras.
40	1.12.03/1.15.16	P	Conteúdo	Justificação para as previsões apontadas anteriormente.
41	1.15.16/1.15.59	P	Conteúdo	A professora faz uma síntese dos resultados das investigações anteriores.
42	1.15.59/1.21.10	P	Conteúdo	Condições necessárias à realização da fotossíntese – experiências de Ingenhousz.
43	1.21.10/1.21.31	P	Gestão	A professora certifica-se que os alunos identificaram a importância do ar e da cor verde das plantas para a realização da fotossíntese e que registaram essas condições na ficha de trabalho.
44	1.21.31/1.23.38	P	Conteúdo	Fotossíntese e respiração – gases envolvidos.
45	1.23.38/1.25.29	P	Conteúdo	Planificação de uma experiência – relação entre intensidade luminosa e taxa fotossintética.
46	1.25.29/1.28.27	P	Conteúdo	Medição da taxa fotossintética
47	1.28.27/1.29.00	P	Gestão	A professora enuncia uma questão sobre como desenhar o planeamento experimental, mas logo, de seguida, autoriza os alunos a irem ao intervalo.
INTERVALO				
48	0.43/1.04	P	Conteúdo	Planeamento de uma experiência (continuação)
49	1.04/1.11	P	Gestão	A professora solicita a um aluno que leia a sua resposta num tom de voz audível.
50	1.11/1.18	P	Conteúdo	Um aluno lê a resposta que se refere ao planeamento experimental, sendo interrompido em seguida por um colega.
51	1.18/1.47	P	Gestão	A professora chama a atenção dos alunos, sendo que um deles refere que apanhou um choque elétrico no interruptor da luz.
52	1.47/2.54	P	Conteúdo	Descrição do procedimento de uma experiência.
53	2.54/3.28	P	Gestão	A professora procura saber se outros alunos apresentaram propostas de planeamento alternativas.

Professora: Telma / Aula observada: 76 Data: 29/03/2011

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
54	3.28/7.20	P	Conteúdo	Continuação da descrição do procedimento – controlo da atividade experimental.
55	7.20/11.13	P	Conteúdo	A produção de matéria orgânica pelas plantas.
56	11.13/11.20	P	Gestão	A professora alerta os alunos, num tom jocoso, para a falta de concentração dos mesmos.
57	11.20/12.06	P	Conteúdo	A origem química da matéria orgânica elaborada pelas plantas.
58	12.06/16.07	P	Conteúdo	Fotossíntese e respiração – 3 opiniões distintas
59	16.07/18.55	P	Conteúdo	Justificando posições sobre a fotossíntese e respiração
60	18.55/22.50	A	Conteúdo	A respiração e a fotossíntese como processos antagónicos?
61	22.50/25.50	P	Conteúdo	Função biológica da fotossíntese
62	25.50/35.24	P	Conteúdo	Função biológica da respiração.
63	35.24/39.09	P	Conteúdo	Reverendo e justificando posições sobre fotossíntese e respiração
64	39.09/44.39	P	Conteúdo	As relações entre a fotossíntese e a respiração.
65	44.39/44.44	P	Gestão	A professora questiona se os alunos estão esclarecidos, reclamando, em seguida, que ainda não terminaram a discussão da ficha.

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
1	2.43/3.04	P	Gestão	A professora regista o sumário no quadro e pede silêncio aos alunos.
2	3.04/3.38	P	Agenda	A professora refere que irão, nesta aula, terminar a discussão da ficha de trabalho, com a construção do conceito de fotossíntese.
3	3.38/5.55	P	Gestão	Há várias conversas paralelas entre alunos e a professora conversa com alguns alunos em privado. Em seguida, tenta por algumas vezes acalmar o ruído na sala, pedindo aos alunos para se calarem.
4	5.55/6.19	P	Agenda	A professora volta a referir o objetivo da aula de hoje
5	6.19/7.40	P	Gestão	A professora solicita que alguém se ofereça para ir ao quadro registar o conceito de fotossíntese. Um aluno oferece-se e pretende que a professora veja primeiro se está correto. A professora refere que vão analisando.
6	7.40/8.16	P	Gestão	A professora espera que os alunos não tenham ido ver ao manual e um aluno diz que coincidentemente são "exatamente iguais". Em seguida, pede menos barulho na sala.
7	8.16/9.19	P	Gestão	A professora procura saber se a definição registada pelo aluno corresponde à que os alunos construíram na ficha. Em seguida, tenta controlar o comportamento da turma pois há muito barulho na sala, enquanto o aluno vai escrevendo no quadro.
8	9.19/10.41	P	Gestão	A professora pretende iniciar a discussão mas o aluno refere que ainda não terminou. Em seguida, critica-se a legibilidade do que está registado no quadro. e a professora acaba por ler algumas palavras.
9	10.41/10.56	A	Gestão	Um aluno inicia a leitura da frase registada, mas a professora acaba por se dirigir à turma à procura de contributos críticos.
10	10.56/11.29	P	Gestão	A professora questiona o aluno anteriormente referido se pretende alterar algo. Em seguida, a professora faz a leitura da afirmação registada no quadro, voltando a questionar se os alunos querem alterar alguma coisa em relação ao conteúdo da mesma.
11	11.29/11.39	P	Gestão	A professora pede, de forma um pouco alterada, para cada um falar de sua vez, passando a palavra ao aluno referido anteriormente.
12	11.39/11.46	A	Conteúdo	A fotossíntese como processo realizado por seres autotróficos
13	11.46/12.21	P	Gestão	A professora procura saber se todos os alunos concordam com a sugestão do aluno de acrescentar a expressão "seres autotróficos" à definição.
14	12.21/12.36	P	Gestão	A professora pede para os alunos se calarem, continuando a acrescentar, no quadro, a alteração sugerida pelo aluno.
15	12.36/13.13	P	Conteúdo	A radiação solar e a fotossíntese
16	13.13/13.36	P	Gestão	A professora procura saber se todos os alunos concordam uma sugestão e sem terminar a frase, um aluno refere que sim, sendo criticado pela professora pela atitude.
17	13.36/15.15	P	Conteúdo	Radiação solar vs. Energia luminosa
18	15.15/17.19	P	Conteúdo	A luz ou o espectro visível.
19	17.19/18.42	A	Conteúdo	O calor como outro fator importante para a fotossíntese?
20	18.42/22.39	P	Conteúdo	Em torno dos conceitos "energia luminosa" ou "energia solar"
21	22.39/24.27	P	Conteúdo	Transformação de matéria inorgânica em matéria orgânica
22	24.27/25.10	A	Conteúdo	Conceito de matéria orgânica

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
23	25.10/25.19	P	Gestão	A professora chama a atenção de um aluno.
24	25.19/26.42	P	Conteúdo	Conceito de matéria orgânica (continuação).
25	26.42/31.16	P	Conteúdo	Consumo de matéria inorgânica na fotossíntese
26	31.16/32.13	A	Conteúdo	A urina pode ser usada para regar as plantas?
27	32.13/32.22	A	Gestão	Alunos riem de uma afirmação de um aluno que se "queixa" à professora que o estão a gozar.
28	32.22/32.45	P	Conteúdo	A urina pode ser usada para regar as plantas? (Parte II)
29	32.45/32.52	P	Gestão	A professora reclama do barulho na sala.
30	32.52/34.08	A	Conteúdo	A urina pode ser usada para regar as plantas? (Parte III)
31	34.08/34.30	P	Gestão	A professora lança uma questão a um aluno que pretende passar a vez a uma colega. Contudo, a professora obriga o aluno a responder.
32	34.30/35.34	A	Conteúdo	Seres quimioautotróficos
33	35.34/35.53	P	Gestão	A professora pergunta se os alunos concordam com a alteração à definição registada no quadro.
34	35.53/36.34	A	Conteúdo	A libertação de oxigénio
35	36.34/37.45	A	Conteúdo	A fotossíntese só se realiza em cloroplastos?
36	37.45/38.08	P	Gestão	A professora procura responsabilizar os alunos pelas afirmações que tecem.
37	38.08/40.11	P	Conteúdo	Os pigmentos, como as clorofilas, enquanto elementos fundamentais na fotossíntese
38	40.11/40.50	P	Gestão	A professora procura saber se se deve acrescentar algo mais à definição e um aluno responde que a professora teria poupado tempo se tivesse simplesmente escrito a definição no quadro, sem discussão.
39	40.50/41.15	A	Conteúdo	Objetivo da fotossíntese (Parte I)
40	41.15/42.47	A	Gestão	Um aluno procura esclarecer o que está registado no quadro enquanto a professora procura prosseguir e concluir o registo da definição de fotossíntese.
41	42.47/44.09	A	Gestão	Um aluno critica a extensão do conceito registado no quadro e a professora riposta afirmando que resultou do contributo de todos os alunos. Em seguida, lê o conceito para ver se está claro.
42	44.09/44.40	A	Gestão	Um aluno reclama por não ter sido considerada na definição uma sua crítica anterior. A professora procura que o aluno perceba que a sugestão não era adequada.
43	44.40/46.56	P	Gestão	Um aluno vai ao quadro registar a equação química da fotossíntese, e a professora questiona se algum aluno quer acrescentar ou alterar algo.
44	46.56/47.27	A	Conteúdo	Os sais minerais enquanto elementos que contribuem para a realização da fotossíntese (equação química)
45	47.27/49.41	P	Conteúdo	Uma proposta de equação química da fotossíntese
46	49.41/50.42	A	Conteúdo	A água como produto da fotossíntese
47	50.42/51.26	P	Gestão	A professora prossegue com a projecção de slides de PP, procurando desbloquear o computador.

Professora: Telma / Aula observada: 77 Data: 31/03/2011

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
48	51.26/55.46	P	Conteúdo	A equação geral da fotossíntese (comparação com a registada pelos alunos)
49	55.46/1.00.25	P	Conteúdo	Hipóteses acerca da origem do oxigénio libertado durante a fotossíntese
50	1.00.25/1.01.23	P	Gestão	A professora propõe uma votação entre os alunos para saber quem defende cada uma das hipóteses. Em seguida, chama a atenção dos alunos.
51	1.01.23/1.06.40	P	Conteúdo	Descrição e resultados da experiência de Van Niel.
52	1.06.40/1.07.22	P	Gestão	A professora tenta projetar um slide. Enquanto abre a apresentação de PP, os alunos iniciam

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
1	0.25/2.06	P	Gestão	A professora procura saber acerca dos alunos que estão atrasados. Os alunos sentam-se.
2	2.06/4.28	P	Agenda	A professora dita e regista o sumário no livro de ponto.
3	4.28/5.23	P	Agenda	A professora procura relembrar-se acerca das perguntas da tarefa TA5 discutidas na aula anterior.
4	5.23/6.45	P	Gestão	A professora solicita a um aluno que responda à pergunta 3 da tarefa TA5. O aluno revela não ter respondido a essa pergunta e a professora procura que o aluno o faça no momento.
5	6.45/8.59	P	Conteúdo	Formação de um tsunami.
6	8.59/12.02	P	Conteúdo	As ondas como manifestação de energia.
7	12.02/13.30	P	Conteúdo	Etapas de formação de um tsunami.
8	13.30/15.18	P	Gestão	A professora verifica se os alunos fizeram o TPC.
9	15.18/17.44	P	Gestão	A professora pede a uma aluna para ler o texto da tarefa TA6.
10	17.44/19.40	P	Conteúdo	Prós e contras da previsão sísmica.
11	19.40/20.02	A	Conteúdo	Possibilidade de previsão sísmica
12	20.02/21.41	P	Conteúdo	Prós e contras da previsão sísmica (cont.)
13	21.41/23.24	P	Conteúdo	Previsão sísmica – atitudes a tomar.
14	23.24/25.32	P	Conteúdo	Ações de prevenção sísmica
15	25.32/25.58	P	Conteúdo	Previsão sísmica – análise de uma situação.
16	25.58/26.22	P	Conteúdo	Ações de prevenção sísmica
17	26.22/31.34	P	Conteúdo	Ordenamento do território – caso da ilha da Madeira
18	31.34/34.19	P	Conteúdo	Monitorização sísmica
19	34.19/34.39	P	Agenda	A professora solicita aos alunos que não se esqueçam de realizar o TPC sobre a legislação acerca da construção antissísmica.
20	34.39/36.41	P	Conteúdo	Classificação de sismos segundo a profundidade do foco
21	36.41/40.42	P	Gestão	A professora solicita que os alunos resolvam, em grupo, a tarefa TA6
22	40.42/49.40	---	Gestão	Os alunos realizam, em grupo, a tarefa.
23	49.40/50.14	P	Gestão	A professora dá por concluído o trabalho em grupo e solicita a um aluno que responda à pergunta 1.
24	50.14/50.42	A	Conteúdo	Tsunâmetro.
25	50.42/50.56	P	Gestão	A professora lê a pergunta 2.
26	50.56/53.35	P	Conteúdo	Consequências da inexistência de um centro de alerta de tsunamis.
27	53.35/55.15	P	Gestão	A professora descreve o objetivo e distribui a segunda componente da TA1.
28	55.15/1.27.00	---	Gestão	Os alunos realizam, em grupo, a tarefa.
INTERVALO				

Professora: Alcina / Aula observada: 47 Data: 14/01/2011

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
29	0.5/5.33	P	Gestão	A professora inicia a discussão da pergunta 2.1 da tarefa, solicitando a um aluno para a ler.
30	5.33/6.31	P	Conteúdo	Vulnerabilidade sísmica
31	6.31/6.41	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos concordam com a resposta proposta.
32	6.41/8.01	P	Conteúdo	Vulnerabilidade sísmica
33	8.01/10.19	P	Conteúdo	Risco sísmico
34	10.19/10.49	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos concordam com a resposta proposta.
35	10.49/11.30	A	Conteúdo	Risco sísmico e vulnerabilidade sísmica
36	11.30/11.46	P	Agenda	A professora solicita aos alunos que realizem efetivamente o TPC
37	11.46/14.22	P	Gestão	A professora alerta para duas figuras do manual com as principais falhas ativas do Quaternário, valorizando uma das falhas que atravessa a região da escola
38	14.22/16.31	P	Agenda	A professora propõe a realização de uma tarefa, em grupo. Esta tarefa será realizada fora do tempo de aula.
39	16.31/20.42	P	Gestão	A professora aborda com os alunos alguns aspetos a ter em consideração na realização do trabalho.
40	20.42/20.53	P	Gestão	A professora procura esclarecer dúvidas sobre a tarefa.
41	20.53/21.21	P	Gestão	A professora dá algumas dicas sobre a localização de algumas entidades da região e o potencial risco sísmico.
42	21.21/21.55	P	Gestão	A professora esclarece uma aluna sobre aspetos relativos ao trabalho.
43	21.55/22.31	P	Gestão	Um aluno conversa com a professora em relação ao livro em que se baseia a apresentação em <i>powerpoint</i> que a professora prepara para projetar.
44	22.31/22.44	P	Gestão	A professora inicia a projeção dos slides e interroga um aluno que se enganou a referir o século expresso na imagem.
45	22.44/24.35	P	Conteúdo	Alguns aspetos relativos à evolução geomorfológica da região onde se enquadra a escola.
46	24.35/25.34	P	Gestão	A professora relata uma história pessoal.
47	25.34/27.04	P	Conteúdo	Alguns aspetos relativos à evolução geomorfológica da região onde se enquadra a escola (cont.)
48	27.04/27.32	P	Agenda	A professora refere que o trabalho deverá ser feito tendo em conta algumas informações presentes na apresentação em <i>powerpoint</i> .
49	27.32/27.53	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos têm dúvidas.
50	27.53/27.57	A	Gestão	Um aluno questiona a professora sobre as horas em que terminará a aula.
51	27.57/28.43	P	Gestão	A professora negocia com os alunos a data de entrega do trabalho.
52	28.43/29.29	P	Gestão	A professora regista os emails de alguns alunos para enviar os slides que projetou.
53	29.29/29.32	P	Gestão	A professora pede para os alunos começarem a realizar a tarefa TA9 – Exercícios do manual.
54	29.32/40.21	---	Gestão	Os alunos trabalham em grupo.

Professora: Alcina / Aula observada: 48 Data: 18/01/2011

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
1	0.58/7.12	P	Agenda	A professora trata de assuntos relativos à entrega do trabalho e sobre as olimpíadas da biotecnologia.
2	7.12/9.15	P	Gestão	A professora dita o sumário e regista-o no livro de ponto.
3	9.15/9.42	P	Gestão	A professora dá indicação de iniciar a discussão do TPC (pergunta 2.4 da tarefa TA7) e entrega o livro de ponto a uma auxiliar.
4	9.42/10.40	P	Gestão	A professora comanda o início da discussão da pergunta 2.4, da tarefa TA7. Vários alunos falam simultaneamente.
5	10.40/12.04	P	Conteúdo	Variação de sinal sísmico e materiais litológicos atravessados pelas ondas sísmicas.
6	12.04/12.16	P	Gestão	A professora procura saber se os alunos fizeram algum documento para lhe entregar.
7	12.16/12.58	A	Conteúdo	Variação de sinal sísmico – intervenção de um aluno
8	12.58/13.05	A	Gestão	A professora procura saber acerca de outras respostas.
9	13.05/14.22	A	Conteúdo	Variação de sinal sísmico – intervenção de uma aluna
10	14.22/14.25	A	Conteúdo	Designação das orlas costeiras
11	14.25/16.39	A	Gestão	A professora verifica quem fez o TPC.
12	16.39/17.27	P	Conteúdo	Zonas de maior risco sísmico em Portugal Continental
13	17.27/17.50	A	Conteúdo	As orlas ocidental e algarvia
14	17.50/18.55	P	Gestão	Conversa com um aluno sobre o ano mais recente de legislação sísmica publicada
15	18.55/19.40	P	Gestão	A professora pede para um aluno ler um parágrafo do manual escolar (p. 197).
16	19.40/27.19	P	Conteúdo	Ordenamento do território – alguns exemplos
17	27.19/28.56	A	Conteúdo	Contextos de derrocada
18	28.56/29.48	P	Conteúdo	Materiais rochosos propícios a desagregação
19	29.48/30.59	P	Conteúdo	Contextos de derrocada (cont.)
20	30.59/32.36	P	Gestão	A professora pede para os alunos lerem o texto CTSA da pág. 198.
21	32.56/35.05	P	Conteúdo	Regulamentação legal antissísmica em Portugal e na UE
22	35.05/36.30	P	Gestão	A professora solicita a um aluno para ler o último parágrafo da pág. 198 do manual.
23	36.30/38.16	P	Conteúdo	O caso da barragem do Alqueva e o potencial sismogenético
24	38.16/38.50	P	Gestão	A professora procura saber que exercícios de revisão do manual já estão feitos e lê a pergunta 1.
25	38.50/40.14	P	Conteúdo	Sismos e tectónica (Pergunta 1.1)
26	40.14/41.38	P	Conteúdo	Origem de sismos (pergunta 1.2.1)
27	41.38/42.40	P	Conteúdo	Origem de sismos (pergunta 1.2.2)
28	42.40/42.58	P	Conteúdo	Origem da atividade sísmica no Algarve (pergunta 1.3)
29	42.58/44.07	P	Conteúdo	Intensidade de um sismo (Pergunta 1.4.1)

Professora: Alcina / Aula observada: 48 Data: 18/01/2011

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
30	44.07/46.15	P	Conteúdo	Meios de propagação das ondas sísmicas (pergunta 1.4.2. a)
31	46.15/46.46	P	Conteúdo	Meios de propagação das ondas sísmicas (pergunta 1.4.2.b)
32	46.46/51.57	P	Conteúdo	Determinação da magnitude de um sismo (pergunta 1.4.2.c)
33	51.57/53.38	P	Conteúdo	Consequências dos sismos (pergunta 1.5.1)
34	53.38/55.11	P	Conteúdo	Vibrações decorrentes do sismo.
35	55.11/55.34	P	Gestão	A professora pede aos alunos para resolverem, em grupo, os restantes exercícios.
36	55.34/1.26.00	P	Gestão	Os alunos trabalham em grupo.

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
1	1.42/3.15	P	Agenda	A professora regista o sumário da aula passada e dita o sumário da presente aula.
2	3.15/4.26	A	Gestão	Uma aluna questiona a professora sobre trabalhos a desenvolver no período.
3	4.26/5.03	P	Gestão	A professora pede aos alunos para resolverem a tarefa TA10.
4	5.03/13.01	---	Gestão	Os alunos realizam, em grupo, a tarefa.
5	13.01/14.44	P	Gestão	A professora pede a dois alunos que leiam o texto da tarefa TA10.
6	14.44/15.39	A	Conteúdo	O papel da CO ₂ na fotossíntese
7	15.39/16.57	P	Conteúdo	Produtos da fotossíntese.
8	16.57/17.57	P	Gestão	A professora procura manter a atenção dos alunos sobre a pergunta 1 da TA10.
9	17.57/21.25	P	Conteúdo	O papel da CO ₂ na fotossíntese (conclusão)
10	21.25/21.30	P	Gestão	A professora certifica-se que uma aluna concorda com a conclusão.
11	21.30/21.46	P	Gestão	A professora solicita a um aluno que leia a pergunta 2 da TA10.
12	21.46/24.48	P	Conteúdo	A importância da luz no processo fotossintético.
13	24.48/24.59	P	Gestão	A professora certifica-se que os alunos não revelam dúvidas sobre o assunto abordado.
14	24.59/25.52	P	Conteúdo	A ação da luz e a incorporação de CO ₂ na fotossíntese.
15	25.52/27.45	P	Gestão	A professora dita uma pergunta suplementar às que constam da tarefa TA10 do manual.
16	27.45/29.00	A	Conteúdo	A incorporação de CO ₂ e a formação de produtos intermédios.
17	29.00/35.27	P	Conteúdo	Resumo simplificado do processo fotossintético.
18	35.27/37.03	P	Conteúdo	A produção de glicose.
19	37.03/39.04	P	Gestão	A professora distribui uma ficha sobre reações redox e solicita a uma aluna que leia o texto.
20	39.04/39.24	P	Conteúdo	Reações de oxidação-redução
21	39.24/39.54	A	Gestão	Uma aluna continua a leitura do texto.
22	39.54/40.16	P	Conteúdo	Reações de oxidação-redução
23	40.16/42.13	A	Gestão	Uma aluna continua a leitura do texto.
24	41.23/41.34	P	Conteúdo	Agente oxidante e agente redutor.
25	41.34/43.45	A	Gestão	Continuação da leitura e ressaltam-se alguns aspetos do texto
26	43.45/44.09	P	Conteúdo	Análise de uma reação redox.
27	44.09/44.33	A	Gestão	Conclusão da leitura do texto.
28	44.33/47.49	P	Conteúdo	Análise de reações redox.
29	47.49/49.37	P	Conteúdo	Reações redox na fotossíntese – moléculas transportadoras.

Professora: Alcina / Aula observada: 87 Data: 05/05/2011

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
30	49.37/52.14	P	Conteúdo	Fases fotoquímica e química da fotossíntese – seu significado.
31	52.14/54.44	P	Conteúdo	Alguns conceitos (reações endergônicas, exergônicas, redução e oxidação)
32	54.44/59.17	P	Conteúdo	Fase fotoquímica da fotossíntese – cadeia transportadora de eletrões.
33	59.17/1.01.40	P	Conteúdo	Fase fotoquímica – captura de fotões de luz
34	1.01.40/1.03.16	P	Conteúdo	Fotólise da água
35	1.03.16/1.06.41	P	Conteúdo	A oxidação das clorofilas e a fotólise da água
36	1.06.41/1.09.29	P	Conteúdo	Cadeia transportadora de eletrões - especificidades
37	1.09.29/1.10.32	P	Conteúdo	Produtos finais da fase fotoquímica
38	1.10.32/1.11.58	P	Conteúdo	Esquema da fotossíntese (manual escolar)
39	1.11.58/1.13.52	P	Conteúdo	Moléculas necessárias para a fase química da fotossíntese
40	1.13.52/1.21.50	P	Conteúdo	Ciclo de Calvin.
41	1.21.50/1.22.22	P	Gestão	A professora avisa os alunos de que a aula seguinte é de trabalho laboratorial e termina a aula.

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
1	2.04/3.11	P	Agenda	A professora dita e regista o sumário no livro de ponto.
2	3.11/3.29	P	Gestão	A professora confere os alunos que estão presentes e marca as faltas.
3	3.29/5.44	P	Gestão	A professora procura que os alunos se organizem quanto à ordem de apresentação. Um dos grupos decide avançar.
4	5.44/8.00	A	Conteúdo	Apresentação dos resultados da atividade experimental – <u>Extração</u> de pigmentos fotossintéticos
5	8.00/8.22	P	Gestão	A professora pretende que os alunos respondam às perguntas da tarefa TA11. Os alunos ficam surpreendidos por não saberem que tinham que responder a cada uma das perguntas.
6	8.22/8.57	P	Conteúdo	O problema.
7	8.57/10.08	A	Conteúdo	Previsão de resultados.
8	10.08/11.29	P	Conteúdo	Interpretação de resultados.
9	11.29/11.46	P	Gestão	A professora solicita a um outro grupo que se desloque para fazer a apresentação do trabalho.
10	11.46/12.20	A	Gestão	Os alunos justificam o não terem produzido slideshow.
11	12.20/13.05	A	Conteúdo	Apresentação do problema
12	13.05/13.50	A	Conteúdo	Previsão de resultados.
13	13.50/16.22	A	Conteúdo	Apresentação de resultados
14	16.22/18.34	P	Conteúdo	Clorofilas 'a' ou 'b'?
15	18.34/19.34	P	Conteúdo	Justificação de uma etapa do procedimento experimental
16	19.34/20.00	P	Conteúdo	Variáveis da experiência
17	20.00/20.04	A	Gestão	Uma aluna pretende colocar uma questão e a professora <u>solicita</u> que o faça mais tarde.
18	20.04/20.12	P	Conteúdo	A solubilidade dos pigmentos
19	20.12/20.34	P	Gestão	A professora refere que os alunos deverão rever o trabalho.
20	20.34/21.07	P	Gestão	A professora pretende que os alunos respondam à pergunta 6, mas eles afirmam que não conseguiram fazê-lo por não terem tido acesso a computador.
21	21.07/21.36	P	Gestão	Uma aluna procura esclarecer alguns aspetos relativos à entrega do relatório.
22	21.36/23.31	A	Conteúdo	Interpretação dos resultados.
23	23.31/23.55	P	Gestão	A professora faz uma síntese avaliativa do trabalho.
24	23.55/24.43	P	Gestão	A professora solicita que o próximo grupo avance para a comunicação à turma.
25	24.43/25.36	A	Conteúdo	Problema e previsão de resultados.
26	25.36/27.38	A	Conteúdo	Apresentação dos resultados.
27	27.38/31.00	A	Conteúdo	Interpretação dos resultados
28	31.00/31.03	P	Gestão	A professora pretende que os alunos respondam à pergunta 6, mas a aluna refere que acabou de o fazer.
29	31.03/31.16	A	Conteúdo	Hipótese sobre as causas da separação dos pigmentos.

Episódio	Tempo	Iniciação	Tipo de discurso	Tema/Ação
30	31.16/32.22	P	Gestão	A professora solicita que outro grupo avance para a comunicação do trabalho. Os alunos preparam os materiais (slideshow).
31	32.22/35.40	A	Conteúdo	Resultados e interpretação de resultados.
32	35.40/37.06	A	Conteúdo	Apresentação de resultados (continuação).
33	37.06/38.35	A	Conteúdo	Principais pigmentos fotossintéticos
34	38.35/40.17	A	Conteúdo	Conclusões.
35	40.17/40.37	P	Gestão	A professora aponta que os alunos não responderam às perguntas de discussão da tarefa.
36	40.37/41.02	P	Conteúdo	O problema.
37	41.02/44.08	P	Conteúdo	Previsão dos resultados.
38	44.08/45.24	P	Conteúdo	Comparar previsões e resultados.
39	45.24/45.54	P	Conteúdo	Interpretação dos resultados.
40	45.24/47.43	P	Conteúdo	Período de realização da fotossíntese e ciclo de vida de uma planta
41	47.43/51.02	P	Conteúdo	Cromatograma da couve-roxa e os pigmentos fotossintéticos.
42	51.02/56.59	P	Conteúdo	Hipótese explicativa para as bandas do cromatograma
43	56.59/58.39	P	Conteúdo	Acerca do problema.
44	58.39/59.23	P	Conteúdo	Acerca da previsão e interpretação dos resultados.
45	59.23/1.00.23	P	Conteúdo	Pigmentos fotossintéticos
46	1.00.23/1.03.14	A	Conteúdo	Estado de vida latente das plantas e fotossíntese
47	1.03.14/1.04.47	P	Conteúdo	As ficobilinas.
48	1.04.47/1.06.17	P	Conteúdo	Pigmentos fotossintéticos das plantas
49	1.06.17/1.07.47	P	Conteúdo	As antocianinas
50	1.07.47/1.11.47	A	Gestão	Uma aluna reclama da exigência sobre a interpretação dos resultados. A professora contraria referindo que os alunos têm de desenvolver competências de raciocínio e de pesquisa.
51	1.11.47/1.12.57	P	Conteúdo	Pigmentos fotossintéticos - síntese
52	1.12.57/1.14.02	A	Conteúdo	Clorofilas 'c' e 'd'.
53	1.14.02/1.15.57	P	Conteúdo	Xantofilas
54	1.15.57/1.16.10	P	Gestão	A professora projeta o slide com o ciclo de Calvin, perguntando se os alunos têm dúvidas.
55	1.16.10/1.18.20	A	Conteúdo	Ciclo de Calvin.
56	1.18.20/1.21.11	P	Conteúdo	Localização na célula das reações do Ciclo de Calvin/ Esquema do ciclo de Calvin.
57	1.21.11/1.25.02	P	Conteúdo	Ciclo de Calvin – descrição geral do processo cíclico.
58	1.25.02/1.25.55	A	Conteúdo	As moléculas transportadoras – NADP/NADPH e ADP/ATP.
59	1.25.55/1.26.45	P	Conteúdo	Moléculas intermediárias e produtos do Ciclo de Calvin
60	1.26.45/1.26.50	P	Agenda	A professora refere que a quimiossíntese será abordada na aula seguinte.

APÊNDICE XV

Questão de exame nacional

7. Os factores que determinam a eclosão dos ovos de dormência têm sido objecto de vários trabalhos de investigação. Num trabalho experimental, produziram-se, em laboratório, ovos de dormência de uma população de um rotífero de água doce, *Brachionus calyciflorus*. Numa primeira experiência, os ovos foram mantidos em meios com diferentes concentrações dos principais sais existentes no ambiente aquático. Posteriormente, foi avaliada a taxa de eclosão dos ovos, como consta do gráfico da Figura 4. Na segunda experiência, realizada em câmaras de germinação, os ovos foram mantidos a diferentes temperaturas durante cinco dias, sendo nula a taxa de eclosão no primeiro dia. Os resultados obtidos estão representados no gráfico da Figura 5.

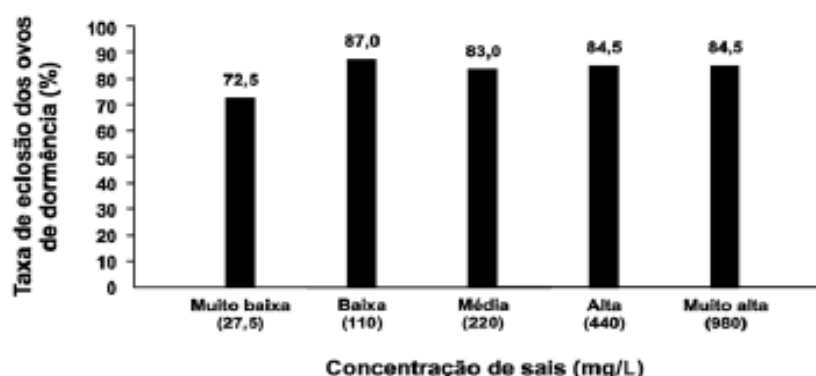
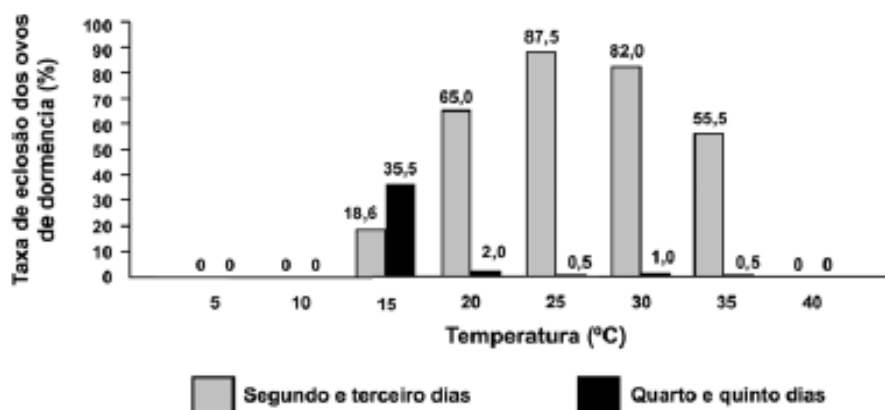


Figura 4 – Taxa de eclosão dos ovos de dormência de *Brachionus calyciflorus*, em função da salinidade da água.



Revista Zoologia, 1999 (adaptado)

Figura 5 – Taxa de eclosão dos ovos de dormência de *Brachionus calyciflorus*, em função da temperatura.

Explique em que medida os resultados do trabalho experimental descrito podem ser conclusivos em relação aos efeitos da salinidade e da temperatura na taxa de eclosão dos ovos de dormência da população de *Brachionus calyciflorus*.

Retirado de Exame Nacional de Biologia e Geologia,
2010, 1ª. Fase, Grupo II, Item 7.

Referências bibliográficas

- Abd-El-Khalick, F. (2006). Over and over again: College students' views of nature of science. In L.B. Flick, & N.G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and the nature of science. Implications for teaching, learning and teacher education* (pp. 389-424). Dordrecht: Springer.
- Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of science in science education: Toward a coherent framework for synergistic research and development. In Barry J. Fraser, Kenneth Tobin, & Campbell J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1041-1060). Dordrecht: Springer.
- Abi-El-Mona, I. , & Abd-El-Khalick, F. (2011), Perceptions of the nature of 'goodness' of argument among college students, science teachers and scientists. *International Journal of Science Education*, 33(4), 573-605.
- Academia de Ciências de Lisboa (2001). *Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea*. Lisboa: Academia das Ciências de Lisboa e Editorial Verbo.
- Acevedo, J.A., Vázquez, A.A., Manassero, M.A., & Acevedo, P. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones com la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 353-376.
- Acevedo, J.A., Vázquez-Alonso,A., Manassero-Mas, M.A. & Acevedo-Romero, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66.
- Afonso, N. (2005). *Investigação naturalista em educação. Um guia prático e crítico*. Porto: Asa Editores, S.A.
- Aikenhead, G.S. (2005). Science-based occupations and the science curriculum: Concepts of evidence. *Science Education*, 89(2), 242-275.
- Aikenhead, G.S. (2009). *Educação científica para todos*. Mangualde: Edições Pedago.
- Aikenhead, G., Orpwood, G., & Fensham, P. (2011). Scientific literacy for a knowledge society. In C. Linder et al. (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 28-44). New York: Routledge.
- Alarcão, I. (1996a). Reflexão crítica sobre o pensamento de D. Schön e os programas de formação de professores. In I. Alarcão (Org.), *Formação reflexiva de professores. Estratégias de supervisão*. (pp. 9-39). Porto: Porto Editora.
- Alarcão, I. (1996b). Ser professor reflexivo. In I. Alarcão (Org.), *Formação reflexiva de professores. Estratégias de supervisão*. (pp. 171-189). Porto: Porto Editora.

- Allchin, D. (1988). Values in science and in science education. In B.J. Fraser, & K.G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 1083-1092). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Almeida, P. (2004). *Interação e conhecimento: O trabalho colaborativo em aulas de Ciências da Terra e da Vida, no 10.º ano de escolaridade*. Lisboa: DEFCUL. [Dissertação de mestrado, não publicada].
- Almeida, P., & César, M. (2007). Contributos da interação entre pares, em aulas de ciências, para o desenvolvimento de competências de argumentação. *Interações*, 6, 163-196.
- Almeida, P., & Souza, F.N. (2009). *Patterns of questioning in science classrooms*. Paper present at the IASK (International Association for the Scientific Knowledge) International, Porto, Portugal.
- Almeida, P., Figueiredo, O., & Galvão, C. (2012). A argumentação em tarefas de manuais escolares portugueses de biologia e geologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(3), 571-591.
- Almeida, P.G.S. (2007). *Questões dos alunos e estilos de aprendizagem – Um estudo com o público de ciências do ensino universitário*. Aveiro: Universidade de Aveiro [Tese de doutoramento não publicada, documento policopiado].
- Alsop, S., Gould, G., & Watts, M. (2002). The role of pupils' questions in learning science. In S. Amos, & R. Boohan (Eds.), *Aspects of teaching secondary science* (pp. 39-48). London: Routledge Falmer.
- Amador, F., Silva, C., Baptista, J., Valente, R., Mendes, A., Rebelo, D. & Pinheiro, E. (2001a). *Programa de Biologia e Geologia*. Lisboa: DES – Ministério da Educação.
- Amos, S. (2002). Teachers' questions in the science classroom. In S. Amos, & R. Boohan (Eds.), *Aspects of teaching secondary science* (pp. 5-14). London: Routledge Falmer.
- Andriessen, J. (2006). Arguing to learn. In K. Sawyer (Ed.), *Handbook of the learning sciences* (pp. 443-459). Cambridge: Cambridge University Press.
- Andriessen, J., & Schwarz, B. (2009). Argumentative design. In N.M. Mirza, & A.-N. Perret-Clermont (Eds.), *Argumentation and education: Theoretical foundations and practices* (pp. 145-174). Dordrecht: Springer.
- Arana, H.G. (2007). *Positivismo. Reabrindo o debate*. São Paulo: Autores Associados.
- Araújo, A. (2008). *O uso do tempo e das práticas epistémicas em aulas práticas de química*. Minas Gerais: Faculdade de Educação – UFMG. [Dissertação de mestrado não publicada].

- Archila, P.A. (2013). La argumentación y sus aportes a la enseñanza bilingüe de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 406-423.
- Arends, R.I. (2012). *Learning to teach* (9th. Edition). New York: McGraw-Hill.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (2002). *As palavras-chave da didática das ciências*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Babbie, E. (2010). *The practice of social research* (12th. Edition). Belmont: Wadsworth, Cengage Learning.
- Bachelard, G. (2006). *A formação do espírito científico*. Lisboa: Dinalivro. [Original publicado em língua francesa, em 1938].
- Bardin, L. (2009). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Barnes, D. (2008). Exploratory talk for learning. In N. Mercer, & S. Hodgkinson (Eds.), *Exploring talk in school* (pp. 1-15). London: SAGE.
- Barthes, R. (1970). L'ancienne rhétorique. *Communications*, 16, 172-223.
- Bakhtin, M.M. (1986). *Speech genres and other late essays*. Austin, Texas: University of Texas Press [Editado por C. Emerson, & M. Holquist, a partir da obra original de 1953].
- Bell, J. (1997). *Como realizar um projeto de investigação*. Lisboa: Gradiva.
- Berland, L. K., & Lee, V. R. (2010). *Anomalous graph data and claim revision during argumentation*. Paper presented at the International Conference of the Learning Sciences, Chicago, IL.
- Berland, L.K., & McNeill, K.L. (2012). For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education*, 96(5), 808-813.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93 (1), 26-55.
- Berland, L.K., & Reiser, B.J. (2011). Classroom communities' adaptations of the practice of scientific argumentation. *Science Education*, 95(2), 191-216.
- Bernstein, B. (1990). *Class, codes and control. Vol. IV, The structure of pedagogic discourse*. London: Routledge.
- Berrocal, P.F., & Zabala, M.A.M. (1995). Piaget, el conflicto sociocognitivo y sus límites. In P.F. Berrocal, & M.A.M. Zabala (Eds.), *La interacción social en contextos educativos* (pp. 3-34). Madrid: Siglo Veintiuno Editores.

- Blair, J.A. (2012). *Groundwork in the theory of argumentation. Selected papers of J. Anthony Blair*. Dordrecht: Springer.
- Blosser, P.E. (2000). *Ask the right questions*. Arlington: NSTA.
- Bloor, M., Frankland, J., Thomas, M., & Robson, K. (2001). *Focus groups in social research*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação. Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Bonals, J. (2000). *El trabajo en pequeños grupos en el aula*. Barcelona: Graó.
- Bonito, J. (2001). *As atividades práticas no ensino das geociências. Um estudo que procura a conceptualização*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, Ministério da Educação.
- Bonito, J. (2008). Concepções epistemológicas dos (futuros) professores: a imagem da ciência. In J.M. Sousa (Org.), *Atas do IX Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação – Educação para o Sucesso: Políticas e Atores* (pp. 1779-1792). Funchal: SPCE.
- Bonito, J. (2012). *Panoramas atuais: Acerca do ensino das ciências*. Boa Vista - RR/Editora da Universidade Federal de Roraima.
- Bortoletto, A., & Carvalho, W. (2009). Temas sócio-científicos: Análise dos processos argumentativos num contexto escolar. *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, Brasil.
- Bötcher, F., & Meisert, A. (2011). Argumentation in science education: A model-based framework. *Science & Education*, 20, 103-140.
- Braund, M., & Campbell, B. (2010). Learning to teach about ideas and evidence in science: The student teacher as a change agent. *Research in Science Education*, 40, 203-222.
- Breen, R.L. (2006). A practical guide to focus-group research. *Journal of Geography in Higher Education*, 30(3), 463-475.
- Breton, P. (1998). *A argumentação na comunicação*. Lisboa: Publicações D. Quixote.
- Breton, P., & Gauthier, G. (2001). *História das teorias da argumentação*. Lisboa: Bizâncio.
- Brookfield, S.D., & Preskill, S. (1999). *Discussion as a way of teaching. Tools and techniques for university teachers*. Buckingham: Open University Press.
- Brousseau, G. (1988). Le contrat didactique: Le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 309-336.

- Brouwer, P., Brekelmans, M., Nieuwenhuis, L., & Simons, R.-J. (2012). Communities of practice in the school workplace. *Journal of Educational Administration*, 50(3), 346-364.
- Burton, D., & Bartlett, S. (2005). *Practitioner research for teachers*. London: Paul Chapman Publishing.
- Caamaño, A. (2010). Argumentar en ciencias. *Alambique*, 63, 5-10.
- Cachapuz, A., Gil-Perez, D., Carvalho, A.M.P., Praia, J. & Vilches, A. (Eds.) (2005). *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez Editora.
- Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2002). *Ciência, educação em ciência e ensino das ciências*. Lisboa: Ministério da Educação/Instituto de Inovação Educacional.
- Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: Um repensar epistemológico. *Ciência & Educação*, 10(3), 363-381.
- Cachapuz, A., Praia, J., Paixão, F., & Martins, I. (2000). Uma visão sobre o ensino das ciências no pós-mudança conceptual. *Inovação*, 13(2-3), 117-137.
- Canário, R. (2005). *O que é a Escola? Um "olhar" sociológico*. Porto: Porto Editora.
- Caraça, J. (2003). *Do saber ao fazer: Porquê organizar a ciência*. Lisboa: Gradiva.
- Carlsen, W.S. (1999). Domains of teacher knowledge. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 133-144). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Carlsen, W.S. (2007). Language and science learning. In S.K. Abell, & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 57-74). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Carrilho, M.M. (1991). *Epistemologia: Posições e críticas*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Carrilho, M.M. (1994). *A filosofia das ciências. De Bacon a Feyerabend*. Lisboa: Editorial Presença.
- Cavagnetto, A., & Hand, B. (2012). The importance of embedding argument within science classrooms. In M.S. Khine (Ed.), *Perspectives on scientific argumentation: Theory, practice and research* (pp. 39-53). Dordrecht: Springer.
- Cerezo, J.A.L. (s/d). *Un estudio crítico del concepto de objectividad social en el debate Pasteur-Pouchet sobre la generación espontânea*. [Texto não publicado, disponibilizado no âmbito do Curso Filosofia e História da Ciência, ISCTE/IUL, 14-18 junho de 2011].

- Chalmers, A.F. (1994). *Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo Vientuno de España Editores, S.A.
- Chamizo, J.A. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 133-146.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chiaro, S., & Leitão, S. (2005). O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 18(3), 350-357.
- Chion, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P., & Adúriz-Bravo, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 1-5.
- Cohen, L. C., Manion, L., & Morriison, K. (2001). *Research methods in education* (5th Edition). London: Routledge Falmer.
- Cohen, L. C., Manion, L., & Morriison, K. (2007). *Research methods in education* (6th Edition). London: Routledge.
- Comissão Europeia (1995). *Livro branco: Ensinar e aprender para a sociedade cognitiva*. Bruxelas: Comissão Europeia.
- Comissão Europeia (2006). Recomendação do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de Dezembro de 2006. *Jornal Oficial da União Europeia*. [Consultado em <http://eur-lex.europa.eu/>].
- Comissão Europeia (2007). *Educação da ciência agora: Uma pedagogia renovada para o futuro da Europa*. Bruxelas: Comissão Europeia / Direcção-Geral de Investigação.
- Corbin, J., & Strauss, A. (2008). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Cunha, A.C. (2007). *A formação de professores. A investigação por questionário e entrevista: um exemplo prático*. Vila Nova de Famalicão: Editorial Magnólia.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design. Choosing among five approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Creswell, J.W., & Clark, V.L. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Creswell, J.W., & Clark, V.L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research* (2nd Edition). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.

- Dawkins, R. (2009). *O espetáculo da vida: A prova da evolução*. Alfragide: Casa das Letras.
- Dawson, V. (2006). *Argumentation about biotechnology with Western Australian high school students*. Paper presented at the conference of the European Researchers in Didaktik of Biology [ERIDOB], London, September.
- Dawson, V., & Venville, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Research in Science Education*, 40, 133-148.
- Denzin, N.K., & Lincoln, Y.S. (1998). Introduction. Entering the field of qualitative research. In N.K. Denzin, & Y.S. Lincoln (Eds.), *The landscape of qualitative research. Theories and issues* (pp. 1-34). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Dillon, J. (1988). The remedial status of student questioning. *Journal of Curriculum Studies*, 20(3), 197-210.
- Dillon, J. (1994). *Using discussion in classrooms*. Buckingham: Open University Press.
- Domingos, A.M., Neves, I.P., & Galhardo, L. (1987). *Uma forma de estruturar o ensino e a aprendizagem*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84 (3), 287-312.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Narcea.
- Duschl, R. (2008a). Quality argumentation and epistemic criteria. In S. Erduran, & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 159-175). Dordrecht: Springer.
- Duschl, R. (2008b). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32, 268-291.
- Duschl, R., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Duschl, R., & Schweingruber, H.A., & Shouse, A.W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington: The National Academies Press.
- Echeverría, J. (2003). *Introdução à metodologia da ciência*. Coimbra: Almedina.
- Eemeren, F. H. van, & Grootendorst, R. (2004). *A systematic theory of argumentation: The pragma-dialectical approach*. New York: Cambridge University Press.

- El-Hani, C.N. (2006). Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In C.C. Silva (Ed.), *Estudos de história e filosofia das ciências* (pp. 3-21). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J.B. Baron & R.J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice* (pp. 9-26). New York: W.H. Freeman and Company.
- Erduran, S. (2008). Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms. In S. Erduran, & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 47-69). Dordrecht: Springer.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M.P. (2008) (Eds.). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer.
- Erduran, S. & Jiménez-Aleixandre, M.P. (2012). Argumentation in science education research: Perspectives from Europe. In D. Jorde, & J. Dillon (Eds.), *Science education and practice in Europe: Retrospective and Prospective* (pp. 253-289). Rotterdam: Sense Publishers.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPing into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Erduran, S., & Yan, X. (2010). Salvar las brechas en la argumentación: El desarrollo profesional en la enseñanza de la indagación científica. *Alambique*, 63, 76-87.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M.C. Wittroch (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 119-161). New York, NY: Macmillan.
- Estrela, A. (1994). *Teoria e prática de observação de classes. Uma estratégia de formação de professores* (4ª Edição). Porto: Porto Editora.
- Evagorou, M., & Dillon, J. (2011). Argumentation in the teaching of science. In D. Corrigan, J. Dillon, & R. Gunstone (Eds.), *The professional knowledge base of science teaching* (pp. 189-203). Dordrecht: Springer.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernández, I., Gil-Pérez, D., Valdés, P., & Vilches, A. (2005). Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? In D. Gil-Pérez, B. Macedo, J. Martinez, C. Sifredo, P. Valdés, & A. Vilches (Eds.), *Como promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación de jóvenes de 15 a 18 años* (pp. 29-62). Santiago, Chile: UNESCO.

- Ferreira, A. (2010). *Questionamento dos professores: O seu contributo para a integração curricular*. Aveiro: Universidade de Aveiro. [Dissertação de mestrado não publicada].
- Feyerabend, P. (1993). *Contra o método*. Lisboa: Relógio d'Água Editores, Lda. [Original publicado em língua inglesa, em 1975].
- Flick, U. (2005). *Métodos qualitativos na investigação científica*. Lisboa: Monitor.
- Fontes, A., & Silva, I.R. (2004). *Uma nova forma de aprender ciências. A educação em Ciência/Tecnologia/Sociedade*. Porto: Edições Asa.
- Forbes, C.T., & Davis, E.A. (2009). Beginning elementary teachers' beliefs about the use of anchoring questions in science: A longitudinal study. *Science Education*, 94(2), 365-387.
- Freire, P. (2009). *Pedagogia da autonomia*. São Paulo: Paz e Terra.
- Freitas, M. (1998). *Formação inicial e contínua de professores de Biologia e Geologia – o caso particular da licenciatura em Ensino da Biologia e Geologia da Universidade do Minho*. Braga: Universidade do Minho. [Tese de doutoramento não publicada, documento policopiado].
- Fullan, M. (2002). The change leader. *Educational Leadership*, 59(8), 16-20.
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change* (4th Edition). New York: Teachers College Press.
- Fulton, K., & Britton, T. (2011). *STEM teachers in professional learning communities: From good teachers to great teaching*. Washington: National Commission on Teaching and America's Future.
- Gall, M. (1971). The use of questions in teaching. *Review of Educational Research*, 40, 707-721.
- Gall, M.D., Gall, J.P., & Borg, W.R. (2003). *Educational research. An introduction*. (7th Edition). Boston: Pearson Education, Inc.
- Gallas, K. (1995). *Talking their way into science*. New York: Teachers College Press.
- Galvão, C., Neves, A., Freire, A. M., Santos, M. C., Vilela, M. C., Oliveira, M. T., & Pereira, M. (2001). *Orientações curriculares para as Ciências Físicas e Naturais - 3º ciclo do ensino básico*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.
- Galvão, C., & Reis, P. (2008). A promoção do interesse e da relevância do ensino da ciência através da discussão de controvérsias sociocientíficas. In R.M. Vieira, et al. (Eds.), *Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino das ciências – Educação científica e desenvolvimento sustentável* (pp. 131-135). Aveiro: Universidade de Aveiro.

- Galvão, C., Reis, P., Freire, S., & Faria, C. (2011). *Ensinar ciências, Aprender ciências. O contributo do projeto internacional PARSEL para tornar a ciência mais relevante para os alunos*. Porto: Porto Editora / Instituto de Educação, Universidade de Lisboa.
- García-Carmona, A. (2002). Casualidad, inspiración y descubrimientos científicos. *Red Científica*. [Consultado em <http://www.redcientifica.com/doc/doc200209150001.html>].
- García-Carmona, A., Vázquez, A., & Manassero, M.A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciência: Una revisión de las creencias y obstáculos del professorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 403-412.
- Garcia-Mila, M., & Andersen, C. (2008). Cognitive foundations of learning argumentation. In S. Erduran, & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 29-45). Dordrecht: Springer.
- GAVE (2010). *Exames nacionais. Relatório 2010*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome, & N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Giere, R. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Giere, R. (1989). A natureza da ciência. Uma perspetiva iluminista pós-moderna. *Revista Colóquio/Ciências*, 6, 72-84.
- Gil-Pérez, D., Fernández, I., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153.
- Gonçalves, J.A. (2009). Desenvolvimento profissional e carreira docente – Fases da carreira, currículo e supervisão. *Sísifo, Revista de Ciências da Educação*, 8, 23-36.
- Gott, R., & Duggan, S. (2003). *Understanding and using scientific evidence. How to critically evaluate data*. London: SAGE Publications.
- Grácio, R. (2010). *Para uma teoria geral da argumentação: Questões teóricas e aplicações didáticas*. Braga: Instituto de Ciências Sociais/Universidade do Minho. [Tese de doutoramento não publicada, documento policopiado].
- Graesser, A.C., & Person, N.K. (1994). Question asking during tutoring. *American Educational Research Journal*, 31, 104-137.

- Gray, R.E. & Kang, N.-H. (2014). The structure of scientific arguments by secondary science teachers: Comparison of experimental and historical science topics. *International Journal of Science Education*, 36(1), 46-65 [doi: 10.1080/09500693.2012.715779]
- Guba, E.G., & Lincoln, Y.S. (1989). *Four generation evaluation*. Newbury Park: Sage.
- Guba, E.G., & Lincoln, Y.S. (1998). Competing paradigms in qualitative research. In N.K. Denzin, & Y.S. Lincoln (Eds.), *The landscape of qualitative research. Theories and issues* (pp. 195-219). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Guerra, I.C. (2006). *Pesquisa qualitativa e análise de conteúdo - Sentidos e formas de uso*. Cascais: Princípia.
- Gerring, J. (2007). *Case study research. Principles and practices*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hancock, D.R., & Algozzine, B. (2006). *Doing case study research. A practical guide for beginning researchers*. New York: Teachers College Press.
- Hardman, F. (2008). Teachers' use of feedback in whole-class and group-based talk. In N. Mercer, & S. Hodgkinson (Eds.), *Exploring talk in school* (pp. 131-150). London: SAGE.
- Hargreaves, A. (1992). Cultures of teaching: A focus for change. In A. Hargreaves, & M. Fullan (Eds.), *Understanding teacher Development* (pp. 216-240). New York: Teachers College Press.
- Hargreaves, A. (2003). *Teaching in the knowledge society: Education in the age of insecurity*. Maidenhead: Open University Press.
- Heimelich, J.E., & Pittleman, S.D. (1986). *Semantic mapping: Classroom applications*. Newar, DE: International Reading Association.
- Henao, B.L., & Stipcich, M.S. (2008). Educación en ciencias y argumentación: La perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 47-62.
- Hesse-Biber, S. N. (2010). *Mixed methods research: Merging theory with practice*. New York: The Guilford Press.
- Hodson, D. (2000). The place of practical work in Science Education. In M. Sequeira et al. (Org.), *Trabalho prático e experimental na educação em ciências* (pp. 29-42). Braga: Universidade do Minho.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy. A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.

- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning science. Language, theories, methods, history, traditions and values*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Ibraim, S., Mendonça, P., & Justi, R. (2013). Contribuições dos esquemas argumentativos de Walton para análise de argumentos no contexto do ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(1), 159-185.
- Irwin, A. (1998). *Ciência cidadã: Um estudo das pessoas especialização e desenvolvimento sustentável*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Izquierdo-Aymerich, M., & Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundation of school science. *Science & Education*, 12, 27-43.
- Jesus, M.H.P. (1987). *A descriptive study of some science teachers questioning practices*. Norwich: University of East Anglia. [Dissertação de mestrado não publicada].
- Jesus, M.H.P. (1991). *An Investigation of Pupils' Questions in Science Teaching*. Norwich: University of East Anglia. [Tese de doutoramento não publicada, documento policopiado].
- Jesus, H.P., Almeida, P., & Watts, M. (2004). Questioning styles and students' learning: Four case studies. *Educational Psychology*, 24(4), 531-548).
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2008). Designing argumentation learning environments. In S. Erduran, & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 91-115). Dordrecht: Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2011). Argumentación y uso de pruebas: Construcción, evaluación y comunicación de explicaciones en biología y geología. In P. Cañal (Coord.), *Didáctica de la biología y la geología*. (pp. 129-149). Barcelona: Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M.P., Bugallo, A., & Duschl, R.A. (2000). "Doing the lesson" or "Doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Jiménez-Aleixandre, M.P., & Díaz, J. (2008). Construction, évaluation et justification des savoirs scientifiques. Argumentation et pratiques épistémiques. In Chritian Buty, & Christian Plantin (Eds.), *Argumenter en classes de sciences. Du débat à l'apprentissage* (pp. 43-73). Lyon: Institut National de Recherche Pédagogique.
- Jiménez-Aleixandre, M.P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran, & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in*

science education: Perspectives from classroom-based research (pp. 3-27). Dordrecht: Springer.

Jiménez-Aleixandre, M.P., Mortimer, E., Silva, A., & Díaz, J. (2008). Epistemic practices: An analytic framework for science classrooms. *Paper presented to AERA annual meeting*. New York: AERA.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Gallástegui, J. R., & Puig, B. (2009). *Resources for introducing argumentation and the use of evidence in science classrooms*. Santiago de Compostela: Danú.

Jiménez-Aleixandre, M.P., & Puig, B. (2012). Argumentation, evidence evaluation and critical thinking. In B.J. Fraser, K.G. Tobin, & C.J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1001-1015). Dordrecht: Springer.

Johnson, B., & Turner, L.A. (2003). Data collection strategies in mixed methods research. In A. Tashakkori, & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 297-319). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.

Jones, C. (2000). The role of language in the learning and teaching of science. In M. Monk, & J. Osborne (Eds.), *Good practice in science teaching. What research has to say*. Buckingham: Open University Press.

Jorge, I. (2012). Discursos de professores sobre as comunidades de prática no seu desenvolvimento profissional: Premissas, constrangimentos e motivações – uma análise de conteúdo. In J.F. Matos et al. (Orgs.), *Atas do II Congresso Internacional TIC e Educação* (pp. 2196-2215). Lisboa: Universidade de Lisboa / Instituto de Educação.

Kalleberg, R. (2010). The ethos of science and the ethos of democracy. In C. Calhoun (Ed.), *Robert K. Merton. Sociology of science and sociology as science* (pp. 182-213). New York: Columbia University Press.

Kelly, G.J. (2008). Inquiry, activity, and epistemic practice. In R. A. Duschl. & R.E. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry. Recommendations for research and implementation* (pp. 99-117). Rotterdam: Sense Publishers.

Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.

Kolstø, S.D. (2001) Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291-310.

Kolstø, S.D., & Ratcliffe, M. (2008). Social aspects of argumentation. In S. Erduran, & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 117-136). Dordrecht: Springer.

- Konstantinidou, K., Cerveró, J.M., & Castells, M. (2010). Argumentación y concepciones científicas de los estudiantes. Una interpretación y orientación didáctica desde una teoría retórico-argumentativa. *Alambique*, 63, 26-38.
- Krueger, R.A., & Casey, M.A. (2009). *Focus group: A practical guide for applied research* (4th Edition). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Kuhn, D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educational Researcher*, 28, 16-46.
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94(5), 810-824.
- Kuhn, L., & Reiser, B. J. (2006). Structuring activities to foster argumentative discourse. *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association*. San Francisco, CA.
- Kuhn, T.S. (2009). *A estrutura das revoluções científicas*. Lisboa: Guerra e Paz, Editores S.A. [Original publicado em inglês, em 1962].
- Lalanda, M.C., & Abrantes, M.M. (1996). O conceito de reflexão em J. Dewey. In I. Alarcão (Org.), *Formação reflexiva de professores. Estratégias de supervisão*. (pp. 41-61). Porto: Porto Editora.
- Lakatos, I. (1978). *The methodology of scientific research programs*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1997). *A vida de laboratório: A produção de fatos científicos*. Rio de Janeiro: Dumará Distribuidora de Publicações, Lda. [Original publicado em língua inglesa, em 1979]
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lederman, J.S., & Stefanish, G.P. (2006). Addressing disabilities in the context of inquiry and nature of science instruction. In L.B. Flick, & N.G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and the nature of science. Implications for teaching, learning and teacher education* (pp. 55-74). Dordrecht: Springer.
- Lederman, N.G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L.B. Flick, & N.G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and the nature of science. Implications for teaching, learning and teacher education* (pp. 301-317). Dordrecht: Springer.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S.K. Abell, & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

- Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (2000). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In W.F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 83-126). London: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lederman, N.G., & Lederman, J.S. (2012). Nature of scientific knowledge and scientific inquiry: Building instructional capacity through professional development. In B.J. Fraser, K.B. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 335-359). Dordrecht: Springer.
- Lee, S.-T., & Lin, H.-S. (2005). Using argumentation to investigate science teachers' teaching practices: The perspective of instructional decisions and justifications. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 429-461.
- Legrand, G. (2002). *Dicionário de Filosofia*. Lisboa: Edições 70.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In Ministério da Educação – DES (Ed.), *Cadernos didáticos de ciências – volume 1* (pp. 79 – 97). Lisboa: Ministério da Educação – DES.
- Lemgruber, M.S., & Rivelli, H. (2011). Nova retórica e ensino de ciências: uma interseção nas analogias. *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, 8(17), 1-19.
- Lemke, J.L. (1997). *Aprender a hablar ciência. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Lessard-Hébert, M., Goyette, G., & Boutin, G. (1990). *Investigação qualitativa. Fundamentos e práticas*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Lima-Tavares, M. (2009). Argumentação em salas de aula de Biologia sobre a teoria sintética da evolução. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. [Tese de doutoramento não publicada, documento policopiado].
- Lopes, J.B. (2004). *Aprender e ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian / Fundação para a Ciência e a Tecnologia.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge* (2nd. Edition). Rotterdam: Sense Publishers.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N.G.

- Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Marcelo, C. (2009). Desenvolvimento profissional docente: Passado e futuro. *Sísifo, Revista de Ciências da Educação*, 8, 7-22.
- Marín, N., Benarroch, A., & Niaz, M. (2013). Revisión de consensos sobre Naturaleza de la Ciencia. *Revista de Educación*, 361, 117-140.
- Martin, A., & Hand, B. (2009). Factors affecting the implementation of argument in the elementary science classroom. A longitudinal case study. *Research in Science Education*, 39, 17-38.
- Matias, O., & Martins, P. (2009). *Biologia 10*. Porto: Areal Editores.
- Maxwell, J.A. (2002). Understanding and validity in qualitative research. In A.M. Huberman, & M.B. Miles (Eds.), *The qualitative researcher's companion* (pp. 37-58). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- McComas, W.F. (2000). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W.F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 53-70). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W.F., Clough, M.P., & Almazroa, H. (2000). The role and character of the nature of science in science education. In W.F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 3-39). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McDonald, C.V. , & McRobbie, C.J. (2012). Utilising argumentation to teach nature of science. In B.J. Fraser, K.B. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 969-986). Dordrecht: Springer.
- McDonald, S.P., & Kelly, G.J. (2012). Beyond argumentation: Sense-making in the science classroom. In M.S. Khine (Ed.), *Perspectives on scientific argumentation: Theory, practice and research* (pp. 265-281). Dordrecht: Springer.
- McLaughlin, M.W., & Talbert, J.E. (2006). *Building school-based teacher learning communities: Professional strategies to improve student achievement*. New York: Teachers College Press.
- McNeill, K.L., & Knight, A.M. (2013). Teachers' pedagogical content knowledge of scientific argumentation: The impact of professional development on K-12 teachers. *Science Education*, 97(6), 936-972.
- McNeill, K.L., & Pimentel, D.S. (2010) Scientific discourse in three urban classrooms. The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229.
- Mehan, H. (1979). *Learning lessons. Social organization in the classroom*. Cambridge: Harvard University Press.

- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358.
- Membiela, P. (2011). Los enfoques integrados de ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza secundaria. In P. Cañal (Coord.), *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar* (pp. 123-141). Barcelona: Graó.
- Mendes, A., Rebelo, D., & Pinheiro, E. (2001). *Programa de Biologia e Geologia: 10.º ou 11.º ano (Componente de Biologia)*. Lisboa: Ministério da Educação/Departamento do Ensino Secundário.
- Mercer, N. (2009). Developing argumentation: Lessons learned in the primary school. In N.M. Mirza, & A.-N. Perret-Clermont (Eds.), *Argumentation and Education: Theoretical foundations and practices* (pp. 177-194). Dordrecht: Springer.
- Mercer, N., & Dawes, L. (2008). The value of exploratory talk. In . In N. Mercer, & S. Hodgkinson (Eds.), *Exploring talk in school* (pp. 55-71). London: SAGE.
- Mertens, D.M. (1998). *Research methods in education and psychology. Integrating diversity with quantitative and qualitative approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Miles, M.B., & Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Ministério da Educação (2001). *Currículo nacional do ensino básico: Competências essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação/ Departamento da Educação Básica.
- Ministério da Educação e Ciência (2013). *PISA, Programme for International Student Assessment. Portugal, primeiros resultados*. Lisboa: MEC/PROJAVI/OECD.
- Miri, B., David, B.-C., & Uri, Z. (2007). Purposely teaching for the promotion of higher-order thinking skills: A case of critical thinking. *Research in Science Education*, 37(4), 353-369.
- Mirza, N.M., Perret-Clermont, A.-N. (2009). Introduction. In N.M. Mirza, & A.-N. Perret-Clermont (Eds.), *Argumentation and Education: Theoretical foundations and practices* (pp. 1-5). Dordrecht: Springer.
- Mirza, N.M., Perret-Clermont, A.-N., Tartas, V., & Iannaccone, A. (2009). Psychosocial processes in argumentation. In N.M. Mirza, & A.-N. Perret-Clermont (Eds.), *Argumentation and Education: Theoretical foundations and practices* (pp. 67-90). Dordrecht: Springer.
- Mishler, E.G. (1983). Meaning in context: is there any other kind? In P. Hauser-Cram, & F.C. Martin (Eds.), *Essays on educational research: Methodology, testing and application* (pp. 3-21). Cambridge/ Massachusetts: Harvard Educational Review.
- Morais, A.M., Neves, I.P., Rocha, M.C., Afonso, M., Câmara, M.J.,..., Silveira, M. (2001). *Estudos para uma sociologia da aprendizagem*. Lisboa: Centro de

Investigação em Educação/Instituto de Inovação Educacional, Ministério da Educação.

Morais, A.M., & Neves, I.P. (2007). Fazer investigação usando uma abordagem metodológica mista. *Revista Portuguesa de Educação*, 20(2), 75-104.

Moreira, A.C.C. (2012). *O questionamento no alinhamento do ensino, aprendizagem e avaliação*. Aveiro: Universidade de Aveiro. [Tese de doutoramento não publicada, documento policopiado].

Mork, S.M. (2005). Argumentation in science lessons: Focusing on the teacher's role. *Nordina*, 1, 17-30. [Consultado em http://www.naturfagsenteret.no/tidsskrift/Nordina_105_Mork.pdf]

Morse, J.M. (2003). Principles of mixed methods and multimethod research design. In A. Tashakkori, & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 189-207). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.

Mortimer, E. F.; Massicame, T.; Buty, C.; Tiberghien, A. (2007). Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In R. Nardi (Org.) *A pesquisa em Ensino de Ciência no Brasil: alguns recortes* (pp. 53-94). São Paulo: Escrituras.

Mortimer, E.F., & Scott, P. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 283-306.

Mortimer, E.F., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science schools*. Maidenhead: Open University Press.

Mortimer, E.F., Scott, P., & El-Hani, C.N. (2012). The heterogeneity of discourse in science classrooms: The conceptual profile approach. In B.J. Fraser, K.B. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 231-246). Dordrecht: Springer.

Nascimento, E., Silva, A., & França, E. (2012). *Práticas epistêmicas e movimentos epistêmicos: Importância de cada categoria, relacionando-as em uma atividade investigativa de ciências*. Comunicação apresentada no VI Colóquio Internacional "Educação e Contemporaneidade", São Cristovão, Brasil.

Naylor S., Keogh B. & Downing B. (2001). Dennis likes a good argument: concept cartoons, argumentation and science education. *Paper presented at the ASERA Conference*, Sydney, Australia.

Naylor, S., Keogh, B., & Mitchell, G. (2000). *Concept cartoons in science education*. Cheshire: Millgate House Publishers.

Newman, I., Ridenour, C.S., Newman, C., & DeMarco, Jr. (2003). A typology of research purposes and its relationship to mixed methods. In A. Tashakkori, & C.

- Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 167-188). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- Nowak, R.M. (2003). Wolf evolution and taxonomy. In L.D. Mech, & L. Boitani (Eds.), *Wolves: Behavior, ecology and conservation* (pp. 239-258). London: The University Chicago Press, Ltd.
- Nóvoa, A. (1992). A formação de professores e profissão docente. In A. Nóvoa (Coord.), *Os professores e a sua formação* (pp. 13-33). Lisboa: D. Quixote.
- Nussbaum, E., Sintra, G., & Owens, M. (2012). The two faces of scientific argumentation: Applications to global climate change. In M.S. Khine (Ed.), *Perspectives on scientific argumentation: Theory, practice and research* (pp. 17-37). Dordrecht: Springer.
- OECD (2005). *Informe PISA, 2003: Aprender para el mundo de mañana*. Organización de Cooperación y Desarrollo Económico. Madrid: Santillana.
- OECD (2009). *PISA 2009. Assessment frameworks: Key competencies in reading, mathematics and science*. Paris: OECD.
- Oliveira, E.C. (2007). Chaim Perelman e a questão da argumentação. *Cientefico*, VII(II), 267-271).
- Oliveira, T. (1996). *A metáfora, a analogia e a construção do conhecimento científico no ensino e na aprendizagem. Uma abordagem didática*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia. [Tese de doutoramento não publicada, documento policopiado].
- Oliveira-Formosinho, J. (2009). Desenvolvimento profissional dos professores. In J. Formosinho (Ed.), *Formação de professores. Aprendizagem profissional e ação docente* (pp. 221-284). Porto: Porto Editora.
- Oppenheim, A.N. (2004). *Questionnaire design, interviewing and attitude measurement*. London: Continuum. [Original publicado em 1962].
- Osborne, J. (2001). Promoting argument in the science classroom: A rhetorical perspective. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1(3), 271-290.
- Osborne, J. (2007). Towards a more social pedagogy in science education: The role of argumentation. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1), 1-16.

- Osborne, J. (2012). The role of argument: Learning how to learn in school science. In B.J. Fraser, K.B. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 933-949). Dordrecht: Springer.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections. A report to the Nuffield Foundation*. London: King's College.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). *Ideas, Evidence & Argument in Science. CPD Training Pack*. London: King's College.
- Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627-638.
- Osborne, J., MacPherson, A., Patterson, A., & Szu, E. (2012). Introduction. In M. S. Khine (Ed.), *Perspectives on scientific argumentation: Theory, practice and research* (pp. 3-15). Dordrecht: Springer.
- Osborne, J., & Patterson, A. (2012). Authors' response to "For whom os argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. *Science Education*, 96(5), 814-817.
- Patton, M.Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. Thousand Oaks : SAGE Publications, Inc.
- Pedrinaci, E. (2012). Aprender ciencia es, en buena medida, aprender a ler, escribir y hablar ciencia. In E. Pedrinaci, A. Caamaño, P. Cañal, & A. de Pro (Eds.), *El desarrollo de la competência científica* (pp. 147-169). Barcelona: Graó.
- Pedrosa, M.H.J., & Lopes, B.S. (2010). Classroom questioning and teaching approaches: A study with biology undergraduates. In G. Çakmakci, & M.F. Tasar (Eds.), *Contemporary science education research: Scientific literacy and social aspects of science. A collection of papers presented at ESERA 2009 conference* (pp. 33-39). Ankara: Pegem Akademi.
- Pera, M. (2000). Rhetoric and scientific controversies. In P. Machamer, M. Pera & A. Baltas (Eds.), *Scientific controversies: Philosophical and historical perspectives* (pp. 50-66). Oxford: Oxford University Press.
- Pereira, D.C. (2007). *Nova educação na nova ciência para a nova sociedade. Fundamentos de uma pedagogia científica contemporânea (volume 1)*. Porto: Editora da Universidade do Porto.
- Perelman, C. & Olbrechts- Tyteca, L. (2006). *Tratado de argumentação*. Lisboa: Instituto Piaget. [Original publicado, em língua francesa, em 1958].
- Perrenoud, P. (1997). *Práticas pedagógicas, profissão docente e formação. Perspetivas sociológicas*. Lisboa: Publicações D. Quixote/Instituto de Inovação Educacional.

- Perret-Clermont, A.-N. (1995). *Desenvolvimento da inteligência e interação social*. Lisboa: Instituto Piaget. [Tradução da dissertação de doutoramento, defendida em 1976, na Universidade de Genebra].
- Pinto-Ferreira, C., Serrão, A., & Padinha, L. (2007). *PISA 2006. Competências científicas dos alunos portugueses*. Lisboa: GAVE – Ministério da Educação.
- Pires, M.C. (2005). *A utilização de analogias no ensino das Ciências da Natureza: Um estudo sobre o tema «O sangue e o sistema circulatório», no 6.º ano de escolaridade*. Braga: Universidade do Minho. [Dissertação de mestrado, documento policopiado].
- Plantin, C. (2010). *A argumentação*. Coimbra: Grácio Editor.
- Pombo, O. (n.d.). *Apontamentos sobre o conceito de epistemologia e o enquadramento categorial da diversidade de concepções de ciência*. [Consultado em http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/investigacao/cat_epist.htm].
- Ponte, J.P. (1992). Concepções dos professores de Matemática e processos de formação. In J.P. Ponte (Ed.), *Educação matemática: Temas de investigação* (pp. 185-239). Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Ponte, J. P. (1994). *Saberes profissionais, renovação curricular e prática letiva*. Comunicação apresentada nas I Jornadas sobre formación del profesorado de ciencias y matemática en España y Portugal, Badajoz (Espanha). Disponível em <http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/>
- Ponte, J.P. (1998). Da formação ao desenvolvimento profissional. *Atas do ProfMat98* (pp. 27-44). Lisboa: APM.
- Ponte, J.P. (1999). Teachers' beliefs and conceptions as a fundamental topic in teacher education. In K. Krainer & F. Goffree (Eds.), *On research in teacher education: From a study of teaching practices to issues in teacher education* (pp. 43-50). Osnabrück: Forschungsdintitut für Mathematikdidaktik.
- Ponte, J. P. & Oliveira, H. (2002). Remar contra a maré: A construção do conhecimento e da identidade profissional na formação inicial. *Revista de Educação*, 11(2), 145-163.
- Popper, K. (2003). *Conjeturas e refutações*. Coimbra: Almedina. [Original publicado, em língua inglesa, em 1963].
- Popper, K. (2005). *The logic of scientific discovery*. London: Routledge. [Primeira edição publicada em língua alemã, em 1935].
- Praia, J. (1995). *Formação de professores no ensino da Geologia: Contributos para uma didática fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da deriva continental*. Aveiro: Universidade de Aveiro. [Tese de doutoramento não publicada, documento policopiado].

- Praia, J., Cachapuz, A., & Gil-Pérez, D. (2002). A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: Contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, 8(2), 253-262.
- Pro, A. (2012). Los ciudadanos necesitan conocimientos de ciencias para dar respuestas a los problemas de su contexto. In E. Pedrinaci, A. Caamaño, P. Cañal, & A. de Pro (Eds.), *El desarrollo de la competencia científica* (pp. 83--104). Barcelona: Graó.
- Puig, B., Bravo, B., & Jiménez-Aleixandre, M.-P. (2012). *Argumentación en el aula: Dos unidades didácticas*. Santiago de Compostela: S-TEAM.
- Quivy, R., & Campenhoudt, L.V. (1998). *Manual de investigação em ciências sociais*. Lisboa: Gradiva.
- Ramos, V., Graça, A., & Nascimento, J. (2008). O conhecimento pedagógico do conteúdo: Estrutura e implicações à formação em educação física. *Revista Brasileira Educação Física e Esporte*, 22(2), 161-171.
- Rehg, W. (2009). *Cogent science in context: The science wars, argumentation theory and Habermas*. London: The MIT Press.
- Reis, P. (2008). *A escola e as controvérsias sociocientíficas: Perspetivas de alunos e professores*. Lisboa: Escolar Editora.
- Reis, P. (2013). Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: Uma questão de cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 3(1), 1-10.
- Reis, P., & Galvão, C. (2007). Reflecting on scientists' activity based on science fiction stories written by secondary students. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1245-1260.
- Reis, P., & Galvão, C. (2008). Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: Dois casos distintos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 746-772.
- Reis, P., & Galvão, C. (2009). Teaching controversial socio-scientific issues in Biology and Geology classes: A case study. *Electronic Journal of Science Education*, 13(1), 1-24.
- Rigotti, E., & Morasso, S.G. (2009). Argumentation as an object of interest and as a social and cultural resource. In N.M. Mirza, & A.-N. Perret-Clermont (Eds.), *Argumentation and Education. Theoretical foundations and Practices* (pp. 9-66). Dordrecht: Springer.

- Rivero, A., & Wamba, A.M. (2011). Naturaleza de la ciencia y construcción del conocimiento científico. La naturaleza de la ciencia como objetivo de enseñanza. In P. Cañal (Ed.), *Biología y geología. Complementos de formación disciplinar* (pp. 9-30). Barcelona: Graó.
- Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy / Science literacy. In S.K. Abell, & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Roberts, D.A. (2011). Competing visions of scientific literacy. The influence of a science curriculum policy image. In C. Linder et al. (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 11-27). New York: Routledge.
- Roberts, R., & Gott, R. (2007). *Questioning the evidence: Research to assess an aspect of scientific literacy*. ESERA Conference. Malmo: Sweden.
- Roldão, M.C. (2006). Trabalho colaborativo. O que fazemos e o que não fazemos nas escolas? *Revista Noesis*, 66, 22-23.
- Roldão, M.C. (2007a). Formação de professores baseada na investigação e prática reflexiva. In Ministério da Educação – Direção-Geral dos Recursos Humanos da Educação (Ed.), *Desenvolvimento profissional de professores para a qualidade e para a equidade da aprendizagem ao longo da vida* (pp. 40-50). Lisboa: Ministério da Educação /DGRHE.
- Roldão, M.C. (2007b). Colaborar é preciso. Questões de qualidade e eficácia no trabalho dos professores. *Revista Noesis*, 71, 24-29.
- Ruiz, F.J., Márquez, C., & Tamayo, O. (2011). Teachers' change of conceptions on argumentation and its teaching. In C. Burgière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), *Ebook proceedings of the ESERA conference: Science learning and citizenship* (pp. 86-92). Lyon: Université de Lyon.
- Sadler, T. D. (2006). Promoting discourse and argumentation in science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 323-346.
- Sadler, T.D. (2011). Situating socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science education. In T.D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (pp. 1-9). Dordrecht: Springer.
- Saldaña, J. (2009). *The coding manual for qualitative researchers*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Sampson, V. (2009), *Science teachers and scientific argumentation: Trends in practice and beliefs*. Paper presented at the Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST). Garden Grove, CA.

- Sampson, V., & Clark, D.B. (2006a). *The development and validation of the Nature of Science as Argument Questionnaire (NSAAQ)*. Paper presented at the National Association of Research in Science Teaching Conference, San Francisco, April.
- Sampson, V., & Clark, D. (2006b). Assessment of argument in science education: A critical review of literature. In *Proceedings of International Conference of Learning Sciences 2006* (pp. 655-661). Bloomington, IN.
- Sampson, V., & Schleigh, S. (2013). *Scientific argumentation in Biology: 30 classroom activities*. Arlington: NSTA.
- Sandoval, W.A., & Millwood, K.A. (2008). What can argumentation tell us about epistemology? In S. Erduran, & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 71-88). Dordrecht: Springer.
- Sandoval, W.A., & Reiser, B.J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.
- Santos, M.C. (2007). As mudanças curriculares e os professores de Ciências do 3.º ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário. In Conselho Nacional de Educação (Ed.), *Seminário Ciência e Educação em Ciência: Situações e perspectivas, 2005* (pp. 67-80). Lisboa: CNE.
- Santos, M.E. (2002). Relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. In P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación para la ciudadanía* (pp. 61-75). Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones.
- Santos, M.E. (2006). *Analogias na formação inicial de professores de Ciências Naturais*. Aveiro: Universidade de Aveiro. [Dissertação de mestrado, documento policopiado].
- Sardà, J., & Sanmartí, N. (2000). Ensenyar a argumentar científicamente: Un repte de les classes de ciències. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405-422.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A.M.P. (2011a). Construindo argumentação na sala de aula: A presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação*, 17(1), 97-114.
- Sasseron, L.H., & Carvalho, A.M.P. (2011b). Uma análise de referenciais teóricos sobre a estrutura do argumento para estudos de argumentação no ensino de ciências. *Revista Ensaio*, 13(3), 243-262.
- Schön, D.A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. London: Ashgate Publishing Limited.
- Schön, D.A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey Bass.

- Schön, D.A. (1992). Formar professores como profissionais reflexivos. In A. Nóvoa (Ed.), *Os professores e a sua formação* (pp. 79-92). Lisboa: D. Quixote.
- Schubauer-Leoni, M.L. (1986). Le contrat didactique: Un cadre interprétatif pour comprendre les savoirs manifeste par les élèves en Mathématique. *European Journal of Psychology of Education*, 1(2), 139-153.
- Schwab, J.J. (1962). *The teaching of science as enquiry*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schwandt, T.A. (1998). Constructivist, interpretivist approaches to human inquiry. In N.K. Denzin, & Y.S. Lincoln (Eds.), *The landscape of qualitative research. Theories and issues* (pp. 221-259). California/London/New Delhi: SAGE Publications, Inc.
- Schwarz, B. (2009). Argumentation and learning. In N. M. Mirza, & A.-N. Perret-Clermont (Eds.), *Argumentation and education: Theoretical foundations and practices* (pp. 91-126). Dordrecht: Springer.
- Scott, P. (2008). Taking a way to understanding in science classrooms. . In N. Mercer, & S. Hodgkinson (Eds.), *Exploring talk in school* (pp. 17-36). London: SAGE.
- Settlage, J., & Southerland, S.A. (2007). *Teaching science to every child*. New York: Routledge.
- Serrazina, M.L. (2009). O programa de formação contínua em matemática para professores do 1º e 2º ciclo do ensino básico. *Interações*, 5(12), 4-22.
- Shah, M.Z. (2009). Exploring the conceptions of a science teacher from Karachi about the nature of science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 5(3), 305-315.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4- 31.
- Shulman, L.S. (1989). Foreword. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (1999), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. ix-xii). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Siegel, H. (1995). Why should educators care about argumentation? *Informal Logic*, 17(2), 159-176.
- Silva, A., & Mortimer, E. (2009). Aspetos epistêmicos das estratégias enunciativas em uma sala de aula de química. *Química Nova na Escola*, 31(2), 1-9.
- Silverman, D. (2001). *Interpreting qualitative data. Methods for analyzing talk, text and interaction* (2nd Edition). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Simon, S. (2008). Using Toulmin's Argument Pattern in the evaluation of argumentation in school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 31(3), 277-289.

- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Simon, S., & Richardson, K. (2009). Argumentation in school science: Breaking the tradition of authoritative exposition through a pedagogy that promotes discussion and reasoning. *Argumentation*, 469-493.
- Simon, S., Richardson, K., Howell-Richardson, C., Christodoulou, A., & Osborne, J. (2009). *Professional development of the use of discussion and argument in secondary school science departments*. Paper presented at the ESERA 2009 Conference, Istanbul, Turkey.
- Simon, S., Richardson, K., & Amos, R. (2012). The design and enactment of argumentation activities. In M.S. Khine (Ed.), *Perspectives on scientific argumentation: Theory, practice and research* (pp. 97-115). Dordrecht: Springer.
- Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927.
- Simonneaux, L. (2008). Argumentation in socio-scientific contexts. In S. Erduran, & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 179-199). Dordrecht: Springer.
- Schleicher, A. (Ed.) (2012). *Preparing teachers and developing school leaders for the 21st Century: Lessons from around the world*. OECD Publishing.
- Smith, C.J., & Laslett, R. (1993). *Effective classroom management. A teacher's guide* (2nd Edition). London: Routledge.
- Solbes, J., Ruiz, J.J., & Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique*, 63, 65-75.
- Stake, R.E. (1998). Case studies. In N.K. Denzin, & Y.S. Lincoln (Eds.), *Strategies of qualitative inquiry* (pp.86-109). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Stake, R. E. (2009). *A arte da investigação com estudos de caso* (2^a edição). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Suárez Pasos, M. (2002). Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 40-56. [Consultado em <http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero1/Art3.pdf>].
- Susskind, E. (1979). Encouraging teachers to encourage children's curiosity: A pivotal competence. *Journal of Clinical Child Psychology*, Summer, 101-106.
- Sutton, C. (1992). *Words, science and learning*. Buckingham: Open University Press.

- Sutton, C. (1996). Beliefs about science and beliefs about language. *International Journal of Science Education*, 18(1), 1-18.
- Sutton, C. (1998). New perspectives on language in science. In J.B. Fraser, & K.G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (Vol. 1, pp. 27-38). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 21-25.
- S-TEAM (Science Teacher Education Advanced Methods) (2010). *Report on argumentation and teacher education in Europe*. Trondheim, S-TEAM/NTNU.
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (1998). *Mixed methodology: Combining qualitative and quantitative approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Taylor, J. (2009). *Secondary school physics teachers' conceptions of scientific evidence. A collective case study*. Saarbrücken: VDM, Verlag Dr. Muller.
- Taylor, J.A., & Dana, T.M. (2003). Secondary physics teachers' conceptions of scientific evidence: An exploratory case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 721-736.
- Teddlie, C., & Tashakkori, A. (2003). Major issues and controversies in the use of mixed methods in the social and behavioral sciences. In A. Tashakkori, & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 3-50). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Thompson, A.G. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of the research. In D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of research in mathematics teaching and learning* (pp. 127-146). New York, NY: Macmillan.
- Toulmin, S. E. (2006). *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes. [Original publicado em língua inglesa, em 1958].
- Travé, G., & Cuenca, J.M. (2000). Estrategias y actividades de enseñanza en Ciencias Sociales: Analisis de caso. *Investigación en la Escuela*, 40, 69-76.
- Tuckman, B.W. (1994). *Manual de investigação em educação* (4^a Edição). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Vaughn, S., Schumm, J.S., & Sinagub, J. (1996). *Focus group interviews in education and psychology*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Vázquez, A., Acevedo, J.A., Manassero, M.A., & Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176.

- Vázquez, A., Acevedo, J.A., & Manassero, M.A. (2005). The dark side of the nature of science: Empirical consensos about naive ideas on science. *Proceedings from the 5th Conference of the European Science Research Association (ESERA) – Contributions of research to enhancing students' interest in learning science*. Barcelona: ESERA.
- Vázquez, A.A., Manassero, M.A., Acevedo, J.A., & Acevedo, P. (2008). Consensos sobre a natureza da ciência: A ciência e a tecnologia na sociedade. *Química Nova na Escola*, 27, 34-50.
- Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M.A., Acevedo-Díaz, J.A., & Acevedo-Romero, P. (2008). Consensos sobre a natureza da ciência: A ciência e a tecnologia na sociedade. *Química Nova na Escola*, 27, 34-50.
- Vicente, J.N. (2004). *Razão e diálogo*. Porto: Porto Editora.
- Vieira, R.M., & Vieira, C. (2005). *Estratégias de ensino/aprendizagem*. Lisboa: Horizontes Pedagógicos.
- Vilelas, J. (2009). *Investigação – O processo de construção do conhecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Vygotsky, L. (2007). *Pensamento e linguagem*. Lisboa: Relógio D'Água. [Original, publicado em língua russa, em 1934].
- Walton, D. (2006). *Fundamentals of critical argumentation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Walton, D. & Reed, C. (2002). Argumentation schemes and defeasible inferences. In G. Carenini, F. Grasso, & C. Reed (Eds.), *Computational models of natural argument – 15th European Conference on Artificial Intelligence* (pp. 45-55). [Consultado em <http://www.dougwalton.ca/papers%20in%20pdf/2002Reed.pdf>]
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: Open University Press.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W.M. (2002). *Cultivating communities of practice*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Wertsch, J.V. (1991). *Voices of the mind. A sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Yearley, S. (2005). *Making sense of science. Understanding the social study of science*. London: SAGE Publications.
- Yin, R.K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd Edition). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.

- Zeichner, K.M. (1993). *A formação reflexiva de professores: Ideias e práticas*. Lisboa: Educa.
- Zeidler, D.L., Osborne, J., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2003). The role of argument during discourse about socioscientific issues. In D.L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 97-116). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Zemba-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, 93(4), 687-719.
- Ziman, J. (1984). *An introduction to science studies: The philosophical and social aspects of science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zimmerman, J. (2006). Why some teachers resist change and what principals can do about it. *NASSP Bulletin*, 90(3), 238-249.
- Zohar, A. (2008). Science teacher education and professional development in argumentation. In S. Erduran, & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 245-268). Dordrecht: Springer.

ANEXOS

ANEXO I

Tarefas aplicadas nas aulas observadas de Telma

ESCOLA SECUNDÁRIA DE _____
Disciplina de Biologia e Geologia - 10º Ano
 Ficha Informativa / de Actividade Prática
 Porque ocorrem sismos?

ACTIVIDADE 1 - Que tipos de deformação e de comportamento apresentam os materiais quando sujeitos a tensões?

Tipos de deformação

- Quando uma força é aplicada a um material o resultado é que se ele deforma, ou seja, que as suas partículas são deslocadas das suas posições originais.

- Até que a força não ultrapasse um certo limite crítico a relação tensão-deformação é linear e os deslocamentos são reversíveis. Assim, quando as tensões deixam de se exercer, as partículas voltam às suas posições iniciais, não se verificando nenhuma deformação permanente do material, readquirindo a forma original - **deformação elástica**.

- Se o sólido for deformado para além de um certo limite, conhecido por limite elástico, ele já não recuperará a forma original quando a tensão deixar de actuar; o material foi deformado de modo permanente. Um pequeno aumento da tensão aplicada provoca um elevado aumento da **deformação**. Esta diz-se então que é **plástica**.

Os materiais sujeitos a tensões podem ter dois tipos de comportamentos:

- **comportamento frágil** (ou rígido) - quando, após alguma deformação elástica, o material entra em ruptura sem sofrer deformação plástica.
- **comportamento dúctil** - quando o material atinge a ruptura após deformação elástica e plástica.

• **Material:**

- régua de plástico
- barra de plasticina

• **Procedimento:**

1 – Apliquem uma tensão compressiva sobre cada um dos materiais, sem provocar a sua ruptura.

2 – Com base nas vossas observações, preencham a tabela seguinte:

Material	Tipo de deformação	Evidências	Fundamento
Régua			
Plasticina			

3 – Prevejam o tipo de comportamento que cada um dos materiais deverá apresentar e fundamentem a vossa previsão.

A – Régua

B – Plasticina

ACTIVIDADE 2 – Como se comportam os materiais rochosos face a tensões?

As tensões que se exercem sobre as rochas podem ser de 3 tipos:

- tensões compressivas
- tensões distensivas
- tensões tangenciais (ou de corte, ou cizalhantes)

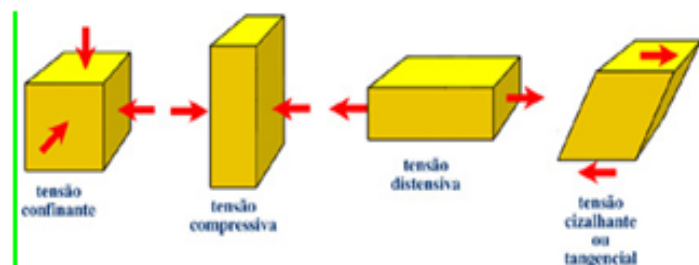


Figura 1

Experiências realizadas em laboratório utilizando um cilindro de rocha submetido a diferentes esforços podem ser utilizadas para o estudo de processos de deformação. Considerem o gráfico seguinte, que traduz o comportamento de dois cilindros iguais da mesma rocha, a diferentes temperaturas (A – baixa; B – elevada), sujeitos a tensões crescentes:

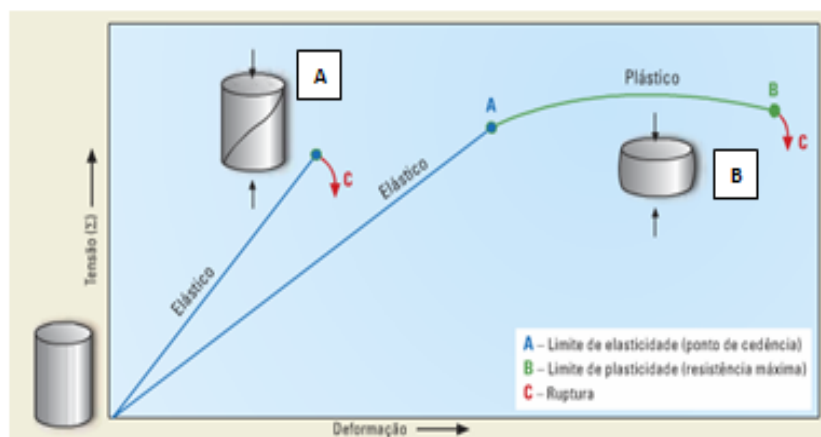


Figura 2

Comentem as seguintes afirmações, com base nos dados do gráfico:

- A – Factores como a temperatura (o teor em água e a pressão), não influenciam o comportamento dos materiais geológicos face a tensões neles aplicadas.

- B - Quando os materiais geológicos apresentam um comportamento elástico, a deformação resultante é directamente proporcional à tensão aplicada.

- C - Um mesmo tipo de rocha pode ter comportamento frágil quando está a pequena profundidade, e dúctil quando localizada a grande profundidade.

ACTIVIDADE 3 – Que condições são necessárias para ocorrer um sismo?

Quando o material terrestre é sujeito a um nível de tensão que ultrapassa o seu limite elástico, verifica-se deformação permanente desse material. A cedência pode ocorrer de um modo dúctil (induzindo dobramento do material) ou por fractura frágil (provocando movimentação em falhas). A segunda destas situações produz um sismo.

- A - Identifiquem as duas condições que terão que se reunir para que ocorra um sismo.

- a) _____

- b) _____

- Completem o seguinte texto:

A única camada da geosfera onde se reúnem as condições necessárias para se gerarem sismos é a _____ e por isso só nela ocorrem tremores de terra, particularmente onde as tensões estão concentradas junto dos _____ das _____.

De acordo com a teoria do ressalto elástico (estabelecida por H. F. Reid, em 1911, com base em estudos geodésicos que realizou após o sismo de 1906 em São Francisco, Califórnia, de um e do outro lado do segmento da falha de Santo André que sofreu rotura durante o sismo), as tensões tectónicas produzem o deslocamento muito lento das rochas, conduzindo à _____ progressiva das rochas localizadas na área de movimentação diferencial. Quando a tensão atinge um valor crítico, o limite de _____ é ultrapassado e dá-se uma movimentação brusca das rochas de um e outro lado da falha – ressalto elástico – libertando energia sob a forma de calor e de ondas elásticas, isto é, produz-se um sismo (Figura 3).

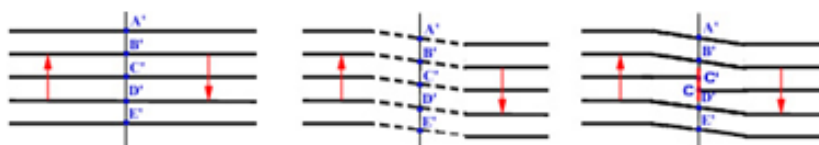
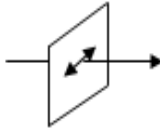




Figura 3

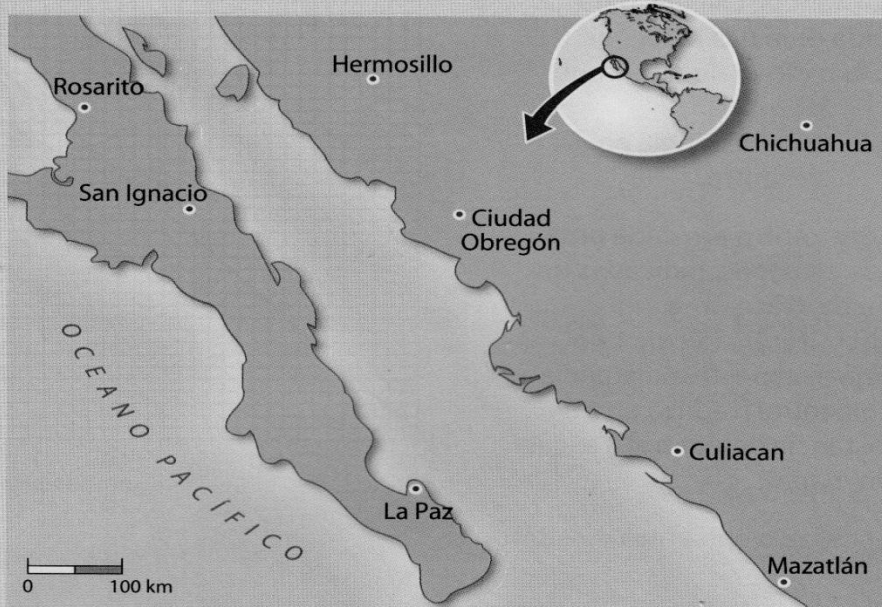
ESCOLA SECUNDÁRIA DE _____
Disciplina de Biologia e Geologia - 10º Ano
 Ficha de Actividade
 Características das ondas sísmicas

Completa a seguinte tabela:

	Ondas internas ou volumétricas		Ondas superficiais	
	Têm origem no _____ e propagam-se _____		Têm origem no _____ e propagam-se _____	
	____ ou ____ ou ____ ou ____	____ ou ____ ou ____	____	____
Modo de propagação				As partículas vibram perpendicularmente à direcção de propagação da onda, segundo uma trajectória elíptica
Deformação dos materiais	Os materiais são comprimidos e distendidos (ocorre alteração do volume mas não da forma)			
Meios por onde se propagam		Sólidos		
				
				

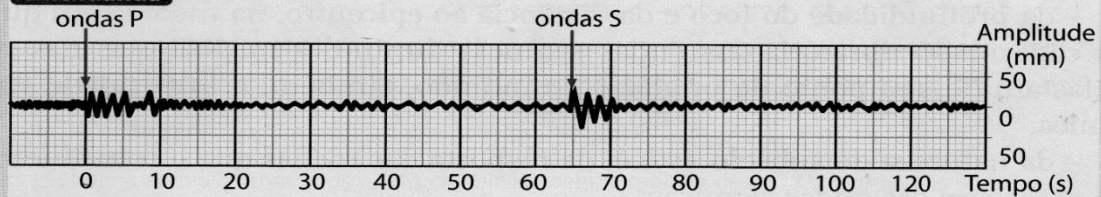
ACTIVIDADE DETERMINAÇÃO DO EPICENTRO DE UM SISMO

Em 1978, ocorreu no México um sismo que foi registado nas estações sismográficas de Chihuahua, de Mazatlan e de Rosarito.

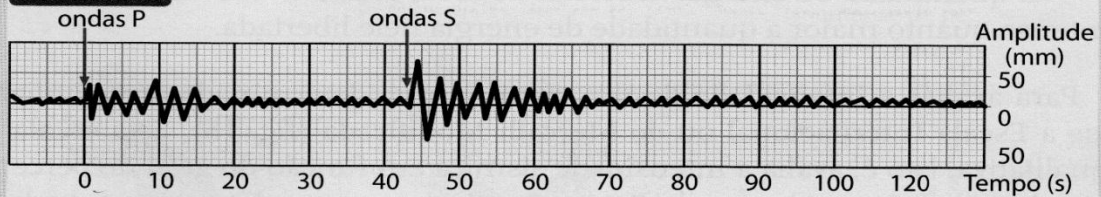


Os sismogramas obtidos são os que a seguir se reproduzem.

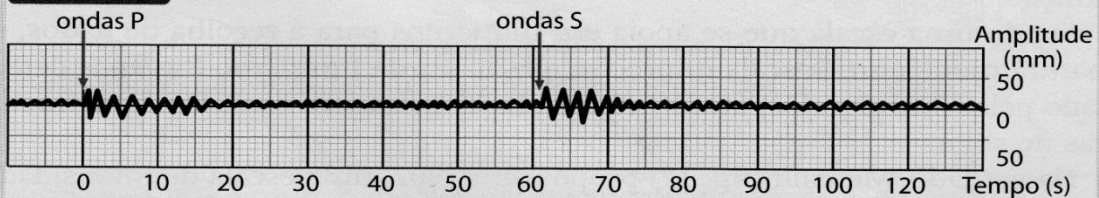
Chihuahua



Mazatlan



Rosarito

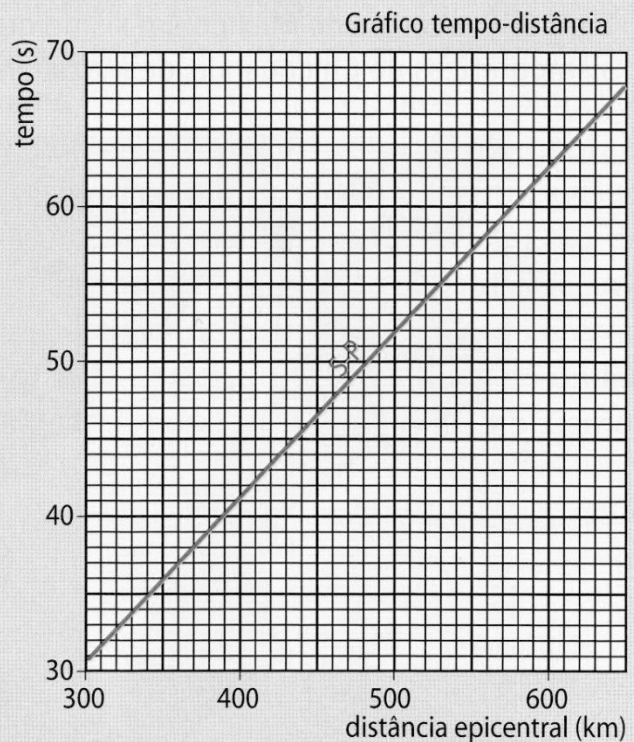


O intervalo de tempo [S-P], que separa o registo das ondas P e S, permite calcular, para cada estação sismográfica, a sua distância ao epicentro – **distância epicentral** – recorrendo a gráficos de tempo-distância.

(Continua na página seguinte.)

ACTIVIDADE DETERMINAÇÃO DO EPICENTRO DE UM SISMO

- 1 Com base nos sismogramas e no gráfico tempo-distância, calcule, para cada uma das estações:
 - 1.1. o intervalo de tempo S-P;
 - 1.2. a sua distância ao epicentro.
- 2 Com centro em cada uma das estações, indicadas no mapa, trace uma circunferência cujo raio seja a respectiva distância epicentral (reduza a distância epicentral à escala do mapa).
- 3 Localize o epicentro do sismo.



Retirado de:

Dias, A.G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2009). *Geologia 10*. Porto: Areal Editores.

ESCOLA SECUNDÁRIA _____

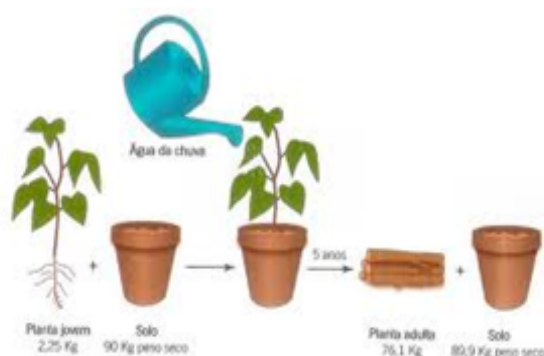
Disciplina de Biologia e Geologia – 10º Ano

Ficha de Actividade Prática

A descoberta da fotossíntese

Foram os estudos de muitos investigadores nos últimos 300 anos que conduziram à compreensão do processo da fotossíntese.

Jean Baptiste Van Helmont (investigador flamengo, 1577-1640) utilizou rebentos de salgueiro para realizar a seguinte experiência:



1. A que conclusão deverá ter chegado Van Helmont com esta experiência? Apoiem essa conclusão com dados recolhidos na experiência.

Em 1727, Stephen Hales sugeriu que uma parte da nutrição das plantas tinha origem no ar e que a luz também estava envolvida no processo.

No entanto, foi Joseph Priestley (inglês, 1733-1804) o primeiro a mostrar que as plantas realizam trocas gasosas com o ar atmosférico: através das suas famosas experiências com velas, plantas e ratos, concluiu que “as plantas regeneram o ar”.



2. Com a finalidade de perceber se a hipótese de Hales era apoiada por resultados experimentais, um grupo de alunos do 10º ano, da disciplina de Biologia e Geologia, planeou a seguinte actividade:

Os alunos utilizaram duas plantas da mesma espécie, com o mesmo desenvolvimento, tendo colocado uma delas em contacto com a luz (planta A) e a outra num local desprovido de luz (planta B). Ao final de alguns dias, constataram que a planta A continuava viva e a planta B tinha morrido.

- a) Formulem um problema que tenha estado na origem desta experiência realizada pelos alunos.

- b) Este grupo de alunos concluiu que a luz tem influência no processo de nutrição das plantas, mas que a presença ou ausência de ar não tem grande relevância no seu processo de nutrição. Concordam com os alunos referidos? Apresentem argumentos que apoiem a vossa resposta.

- c) Sugeriam algumas alterações à experiência que o grupo de alunos realizou para comprovar a hipótese de Hales? Quais?

3. Sabendo que durante uma combustão – viva, como na vela, ou lenta, como na respiração – ocorre consumo de O_2 e libertação de CO_2 , interpretem a experiência representada em:

A - _____

B - _____

C - _____

4. Prevejam os resultados que se obteriam se, na experiência C, o rato fosse substituído por uma vela acesa, e fundamentem essa previsão.

5. Quais as trocas gasosas que corresponderão, então, à *regeneração do ar por parte das plantas*?

No final do século XVIII, Jan Ingenhousz (holandês, 1730-1799) veio confirmar as conclusões de Priestley. Acrescentou que o oxigénio era produzido pelas partes verdes das plantas desde que estas estivessem expostas à luz e que *as partes não verdes se comportavam neste aspecto como os animais (I)*. Propôs ainda que a quantidade de O_2 libertado variava com a intensidade luminosa a que a planta era exposta (II).

6. Que condições necessárias ao processo fotossintético foram identificadas por Ingenhousz em I?

7. Explicitem o significado da afirmação em itálico.

8. Planeiem uma experiência simples para testar a hipótese de Ingenhousz descrita em II.

Em 1804, Nicholas de Saussure (suíço, 1767-1845) descobriu que o aumento de carbono na composição das plantas estava dependente da presença do carbono do CO_2 atmosférico. Saussure demonstrou ainda que as plantas respiram na escuridão.

9. Pode-se, então, concluir que há dois processos fundamentais na manutenção da vida de uma planta: a fotossíntese e a respiração. Mas em que períodos do dia ocorrem estes processos? Analisem as opiniões de três colegas vossos e escolham aquela que vai de encontro à vossa opinião, procurando fundamentá-la com os dados que considerem importantes para a apoiar.

As plantas realizam a fotossíntese durante o dia, porque há luz, e apenas durante a noite respiram, porque a luz desaparece.

Pedro

Pois eu acho que a fotossíntese e a respiração ocorrem durante o dia e a noite porque estes processos dependem do ar e esse existe de dia e de noite.

Ricardo

Eu acho que sendo dois processos importantes para a sobrevivência das plantas, estas realizam a respiração e a fotossíntese, mas a fotossíntese não ocorre durante a noite porque não há luz.

Luisa

Os estudos de Julius Sachs, em meados do século XIX, mostraram que a clorofila (pigmento verde essencial no processo da fotossíntese) estava confinada aos cloroplastos e não distribuída por toda a célula vegetal; mostrou também que a luz solar originava a absorção de CO_2 pelos cloroplastos.

10. Com base em todos os dados fornecidos, apresentem o vosso conceito de fotossíntese e representem esse processo sob a forma de uma equação química.

Equação química:

Muitas outras pesquisas permitiram esclarecer outros aspectos da fotossíntese: origem do oxigénio libertado, produtos formados e armazenados, reacções intermediárias e energia envolvida...

ESCOLA SECUNDÁRIA _____

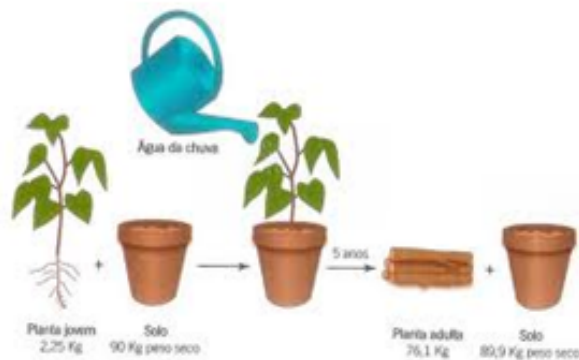
Disciplina de Biologia e Geologia – 10º Ano

Ficha de Actividade Prática

A descoberta da fotossíntese

Foram os estudos de muitos investigadores nos últimos 300 anos que conduziram à compreensão do processo da fotossíntese.

Jean Baptiste Van Helmont (investigador flamengo, 1577-1640) utilizou rebentos de salgueiro para realizar a seguinte experiência:



1. A que conclusão deverá ter chegado Van Helmont com esta experiência?

Em 1727, Stephen Hales sugeriu que uma parte da nutrição das plantas tinha origem no ar e que a luz também estava envolvida no processo.

No entanto, foi Joseph Priestley (inglês, 1733-1804) o primeiro a mostrar que as plantas realizam trocas gasosas com o ar atmosférico: através das suas famosas experiências com velas, plantas e ratos, concluiu que “as plantas regeneram o ar”.



2. Sabendo que durante uma combustão – viva, como na vela, ou lenta, como na respiração – ocorre consumo de O_2 e libertação de CO_2 , interpretem a experiência representada em:

A - _____

B - _____

C - _____

3. Prevejam os resultados que se obteriam se, na experiência C, o rato fosse substituído por uma vela acesa.

4. Quais as trocas gasosas que corresponderão, então, à *regeneração do ar por parte das plantas*?

No final do século XVIII, Jan **Ingenhousz** (holandês, 1730-1799) veio confirmar as conclusões de Priestley. Acrescentou que o oxigênio era produzido pelas partes verdes das plantas desde que estas estivessem expostas à luz e que *as partes não verdes se comportavam neste aspecto como os animais (I)*. Propôs ainda que a quantidade de O₂ libertado variava com a intensidade luminosa a que a planta era exposta **(III)**.

5. Que condições necessárias ao processo fotossintético foram identificadas por Ingenhousz em I?

6. Explicitem o significado da afirmação em itálico.

7. Planeiem uma experiência simples para testar a hipótese de Ingenhousz descrita em III.

Em 1804, Nicholas de **Saussure** (suiço, 1767-1845) descobriu que o aumento de carbono na composição das plantas estava dependente da presença do carbono do CO₂ atmosférico. Saussure demonstrou ainda que as plantas respiram na escuridão. Mais tarde, constatou-se que *as plantas respiram quer na presença quer na ausência de luz*.

8. Expliquem o significado da afirmação em itálico, em termos de trocas gasosas.

9. Esquematizem as trocas gasosas que ocorrem numa planta durante o dia.

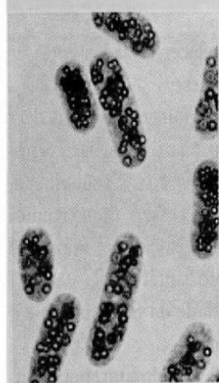
Qual a origem do oxigénio libertado?

Van Niel, 1930 (cientista holandês)

Van Niel, trabalhou com bactérias que vivem em ambientes pobres em oxigénio (**bactérias sulfurosas**) e deu um grande contributo para a resolução deste problema.



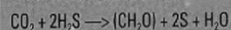
I – 1930: experiência de Van Niel com bactérias sulfurosas



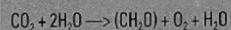
- As bactérias sulfurosas são anaeróbias
- No processo fotossintético utilizam sulfureto de hidrogénio (H_2S) e não água
- Na presença de CO_2 sintetizam compostos orgânicos e libertam enxofre

Van Niel comparou as equações gerais da fotossíntese em bactérias sulfurosas e em plantas.

Bactérias sulfurosas



Plantas

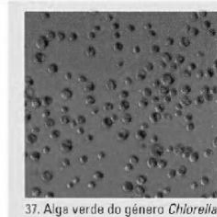


1. Qual terá sido a hipótese formulada por Van Niel quanto à origem do oxigénio libertado durante a fotossíntese realizada pelas plantas?

2. Fundamentem com base nos dados.

Qual a origem do oxigénio libertado?

Rubem e Hamen, início da década 40 século XX

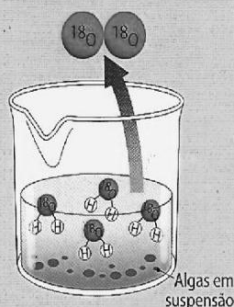


37. Alga verde do género *Chlorella*.

ACTIVIDADE PROVENIÊNCIA DO O_2 NA FOTOSSÍNTESE

Atente na seguinte experiência.

- Colocaram-se algas verdes do género *Chlorella* em água marcada com o isótopo do oxigénio (^{18}O).
- Iluminaram-se as algas.
- Recolheu-se o O_2 libertado pelas algas, tendo-se verificado que se tratava de $^{18}\text{O}_2$.
- Não se detectou o isótopo ^{18}O nos compostos orgânicos sintetizados pelas algas.



1. O que se pode concluir relativamente à hipótese de Van Niel?

2. Se se admitir a hipótese de o O_2 libertado ter origem no CO_2 , que experiência se poderia realizar para testar esta hipótese?

Adaptado de:

Dias, A.G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2009). *Biologia 10*. Porto: Areal Editores.

Experiência de Engelmann

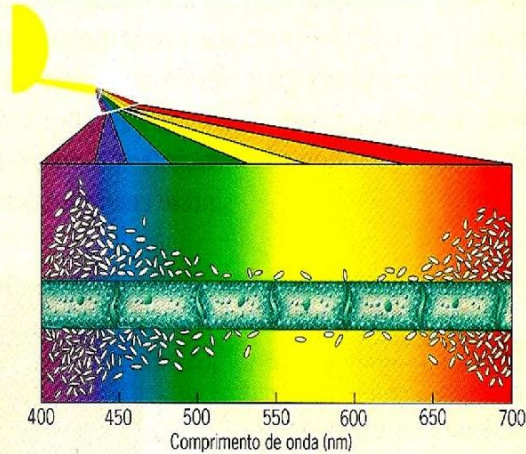
Engelmann era um biólogo (fitofisiologista) alemão (1843-1909) e, em 1882, fez esta experiência.

Experiência de Engelmann

- Engelmann montou entre lâmina e lamela um filamento de espirogira (alga verde filamentosa), utilizando na montagem água com bactérias aeróbias (gastam oxigênio na respiração).
- Utilizou um microscópio apetrechado com um prisma óptico no sistema de iluminação, que permitia decompor a luz solar e fazê-la atravessar a preparação.

Observações

- No início, as bactérias estavam dispersas uniformemente na preparação.
- No final, a distribuição das bactérias era a indicada na figura [33].



33

1. Que problema conduziu à realização da experiência de Engelmann?
2. Que resultados foram obtidos?
3. Como podem ser interpretados esses resultados?
4. Que relação se poderá estabelecer entre a distribuição das bactérias e a taxa fotossintética?
5. Que relação se poderá estabelecer entre a distribuição de bactérias e a capacidade que a clorofila tem de absorver as radiações do espectro?

ANEXO II

Tarefas aplicadas nas aulas observadas de Alcina

Unidade III – Compreender a estrutura e dinâmica da Geosfera

Tema: Sismologia

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____ Data: .../.../....

Ficha Formativa

1. Analisa com atenção os textos e responde às questões colocadas.

Texto 1 - Sismo sacode Chile

Um sismo de 6,9 graus na escala de Richter sacudiu o centro do Chile ao final da tarde de Domingo. O epicentro localizou-se no mar a cerca de 150 quilómetros de Tirua. Não há registo de vítimas.

Nalgumas localidades, com receio de um tsunami e apesar de não ter sido dado qualquer alerta, milhares de pessoas abandonaram os edifícios comerciais e as zonas costeiras provocando engarrafamentos nas estradas, como em Temuco. “Estou muito nervosa porque estava a entrar quando as pessoas lá dentro começaram a gritar... Estava a tudo a tremer. Saímos todos a correr. Os carros moviam-se não sabíamos o que fazer. Estamos muito assustados”, diz uma residente.

Durante alguns momentos verificaram-se cortes de eletricidade pontuais e problemas nas comunicações.

O presidente chileno, Sebastean Piñera, reagiu de imediato. “O Chile tem sido um país que ao longo da história tem enfrentado a adversidade, erupções vulcânicas, inundações, sismos, tsunamis. Nós temos que estar preparados e acho que a reação durante este sismo de média intensidade foi boa”, declarou. Peritos como o diretor do serviço sismológico da universidade de Santiago do Chile acreditam que se pode ter tratado de uma réplica do poderoso sismo de Fevereiro do ano passado que atingiu os 8,8 graus na escala de Richter. Um terramoto seguido de um tsunami que provocou 500 mortos e destruiu povoações inteiras.

3.01.2011 *euronews*

Texto 2 - Sismo de 5,7 de magnitude sacode ilha indonésia de Sumatra

Um sismo de magnitude 5,7 sacudiu a ilha de Sumatra este domingo (2), informou o instituto geofísico dos Estados Unidos (USGS), mas não suscitou alerta de tsunami.

O terramoto, registado 122 km a sudoeste de Bengkulu (sul de Sumatra), ocorreu às 22H19 locais (13H19 de Brasília) e teve origem a 16 km de profundidade, segundo a fonte.

A Indonésia está no Cinturão de Fogo do Pacífico, região onde o choque entre placas continentais provoca forte atividade vulcânica e frequentes tremores de terra, frequentemente de grande intensidade.

03/01/2011 *ambientebrasil*

Texto 3 - Sismo no Japão leva à emissão de alerta de tsunami

Sismo ocorreu ao largo da ilha de Okinawa.

Um forte tremor de terra levou à emissão de um alerta de tsunami no Japão.

Um sismo de magnitude 7.3 na escala de Richter sucedeu às 20.30 (hora em Portugal) com epicentro a 29 quilómetros abaixo do fundo do mar.

O sismo sucedeu a 84 quilómetros a leste de Naha, localidade da ilha de Okinawa.

Os tremores de terra são frequentes no Japão. Em regra, devido a um apertado dispositivo de normas de segurança na construção de edifícios, os danos materiais e humanos são reduzidos.

Todavia, em 1995, um sismo de magnitude 7.2 atingiu a cidade portuária de Kobe, causando a morte de 6400 pessoas.

DN.pt 26 Fevereiro 2010

1.1 O que entendes por sismo?

1.2 Pensas que ao longo dos tempos a definição de sismo apresentada pelos diversos povos foi sempre semelhante à que apresentaste?

1.2.1 Faz uma pesquisa de modo a justificar a tua resposta com exemplos históricos.

1.3 Relativamente a cada notícia refere:

1.3.1 a localização do sismo;

1.3.2 a magnitude do sismo;

1.3.3 localização do epicentro;

1.3.4 as medidas tomadas pela população para minimizar eventuais danos;

1.3.5 medidas de prevenção que já se verificam na zona para diminuir o risco sísmico.

1.4 Recorrendo à figura 22, na página 188 do teu manual, relaciona estes três sismos com o contexto geotectónico dos respectivos locais, identificando as placas tectónicas e o tipo de limite verificado para cada caso.

1.5 Tendo em conta o contexto geotectónico destes locais propõe um nome para este tipo de sismos.

1.5.1 Que outros tipos de sismos te ocorrem?

2. O risco sísmico é um conceito de ordem social e económica, que resulta da combinação da perigosidade sísmica (PS), da vulnerabilidade dos edifícios (V) e dos custos económicos (CE), podendo ser apresentado pela seguinte expressão:

$$RS = PS \times V \times CE$$

A perigosidade sísmica indica a probabilidade de ocorrer um sismo (de magnitude ou intensidade definidos) durante um determinado período de tempo. A PS constitui um elemento básico para estimar o risco sísmico de uma determinada região.

A vulnerabilidade define-se como o grau de danos esperados numa estrutura, quando submetida a um sismo de uma determinada intensidade. A vulnerabilidade é própria de cada estrutura, independentemente da perigosidade sísmica do local. A vulnerabilidade dos edifícios depende das características arquitectónicas da construção, da qualidade dos materiais, da idade, da altura, etc. Realizam-se, também, estudos de vulnerabilidade dos solos onde são construídas as diversas estruturas.

A contabilização das perdas económicas inclui as perdas relacionadas com os edifícios, as vítimas humanas, o conteúdo dos edifícios e as perdas económicas provocadas pela paralisação da produção industrial e das actividades comerciais.

(adaptado de González, M. & Mases, M. (2003). *Riesgo Sísmico. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.*)

- 2.1 Refere a perigosidade sísmica que consideras para cada uma das zonas referidas. Justifica recorrendo a bibliografia sobre as regiões em causa.
- 2.2 Pelos relatos dos textos, qual das situações consideras menos vulnerável? Justifica.
- 2.3 Tendo em conta as definições apresentadas, as informações disponibilizadas nos textos e as informações obtidas na pesquisa que efetuaste prevê, para cada situação, o risco sísmico associado.
- 2.4 A constituição geológica dos solos também é um ponto importante a ter em conta sobre os danos provocados por um sismo. Faz uma pesquisa de modo a obteres informações sobre a variação do sinal sísmico, em Portugal Continental, conforme os materiais da superfície terrestre atravessados pelas ondas sísmicas.

Unidade III – Compreender a estrutura e dinâmica da Geosfera

Tema: Sismologia

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____ Data: .../.../....

Atividade laboratorial: Os tremores de terra e a avaliação de riscos*Utilização de modelos analógicos***1.ª Parte**

Procedimento:

1. Corte uma garrafa (de 1,5 l de água) vazia.
2. Encha-a até $\frac{3}{4}$ de areia.
3. Coloque em posição vertical três moedas na areia, até cerca de metade da sua altura.
4. Rode a meia garrafa e simultaneamente bata ligeiramente sobre a mesa.

Discussão:

1. Refira o que acontece à posição vertical das moedas no material não compactado quando se simula o sismo?

2.ª Parte

Procedimento:

1. Retire as moedas e adicione uma pequena quantidade de água ao material, tendo o cuidado de não deixar encharcar a areia.
2. Pressione o material de forma a compactá-lo.
3. Repita os procedimentos descritos em 3. e 4. da 1.ª parte.

Discussão:

2. Refira o que acontece à posição vertical das moedas no material compactado quando se simula o sismo?
3. Considere as suas observações acerca da posição vertical das moedas nos dois modelos durante os sismos.
Indique em que tipos de materiais, compactados ou não compactados, considera serem mais adequados para a construção de edifícios em zonas de alto risco sísmico.
4. A ilha do Faial está situada no chamado ponto triplo (contacto entre três placas tectónicas). Algumas casas, nesta ilha têm sido construídas em materiais não compactados.
Identifique os riscos que correm os proprietários pela opção de construção das suas casas nestes locais.

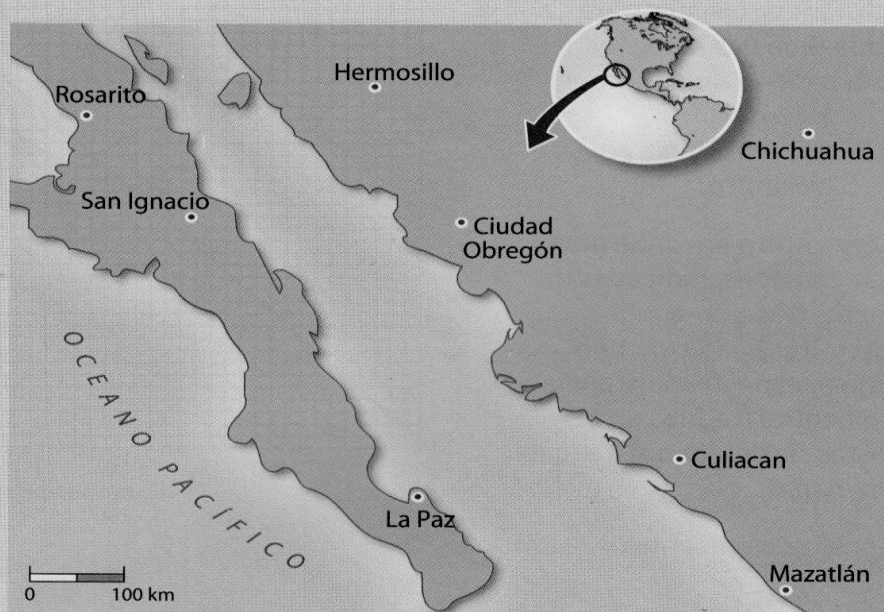
5. Suponha que não existe qualquer hospital na ilha referida na questão anterior, onde predominam materiais não compactados, sem alternativa de construção em materiais compactados.

Nota: Os técnicos consultados referem que a espessura dos materiais não consolidados varia em diversos locais da ilha.

- 5.1. Indique uma alternativa que viabilize a exequibilidade desse projeto.
- 5.2. Sugira uma atividade prática, similar às anteriores, que fundamente a opinião referida em 5.1.

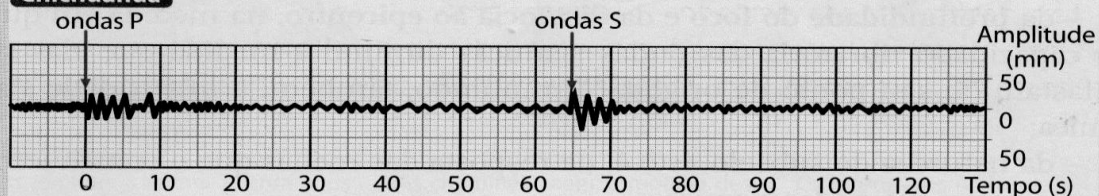
ACTIVIDADE DETERMINAÇÃO DO EPICENTRO DE UM SISMO

Em 1978, ocorreu no México um sismo que foi registado nas estações sismográficas de Chihuahua, de Mazatlan e de Rosarito.

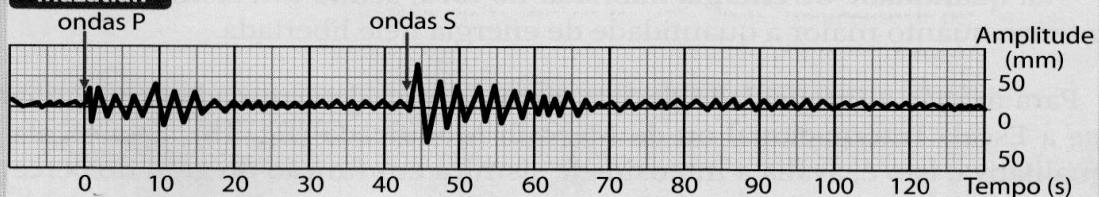


Os sismogramas obtidos são os que a seguir se reproduzem.

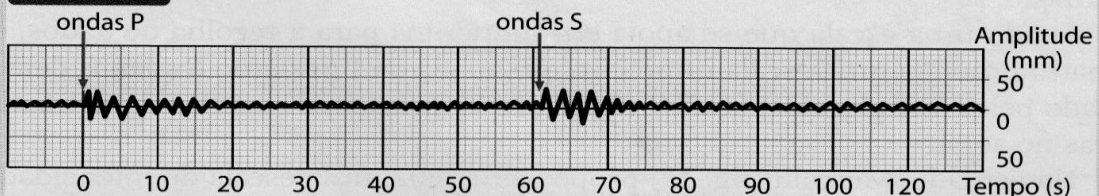
Chihuahua



Mazatlan



Rosarito

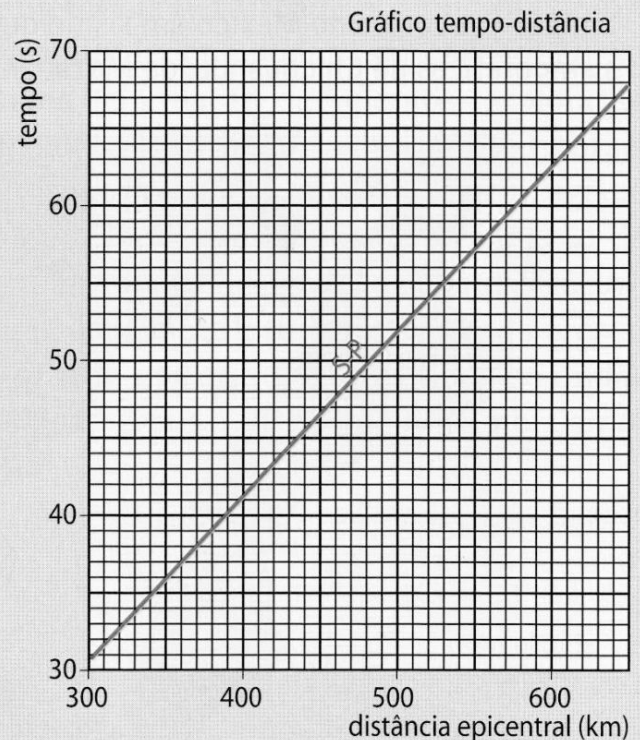


O intervalo de tempo [S-P], que separa o registo das ondas P e S, permite calcular, para cada estação sismográfica, a sua distância ao epicentro – **distância epicentral** – recorrendo a gráficos de tempo-distância.

(Continua na página seguinte.)

ACTIVIDADE DETERMINAÇÃO DO EPICENTRO DE UM SISMO

- 1 Com base nos sismogramas e no gráfico tempo-distância, calcule, para cada uma das estações:
 - 1.1. o intervalo de tempo S-P;
 - 1.2. a sua distância ao epicentro.
- 2 Com centro em cada uma das estações, indicadas no mapa, trace uma circunferência cujo raio seja a respectiva distância epicentral (reduza a distância epicentral à escala do mapa).
- 3 Localize o epicentro do sismo.



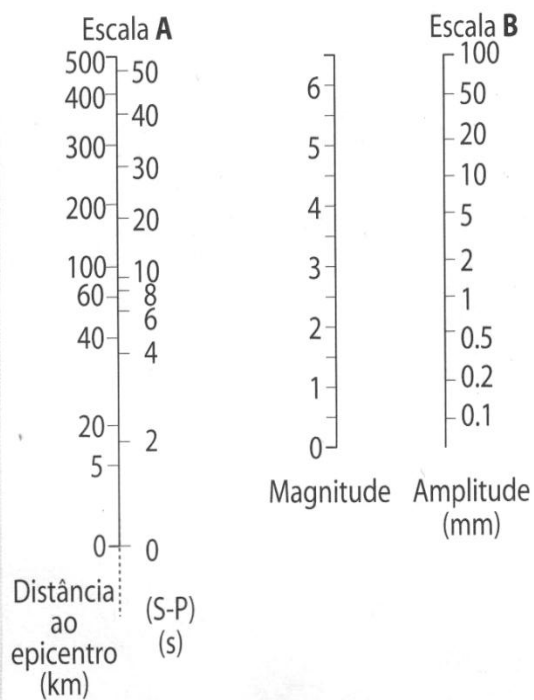
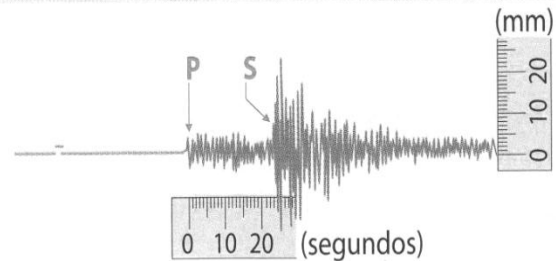
Retirado de:

Dias, A.G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2009). *Geologia 10*. Porto: Areal Editores.

ACTIVIDADE DETERMINAÇÃO DA MAGNITUDE DE UM SISMO

Responda às questões seguintes, sabendo que:

- o intervalo de tempo que separa a chegada de uma onda P e de uma onda S, numa dada estação, permite ler graficamente a distância desta estação ao epicentro, utilizando uma escala que converte segundos em quilómetros (escala A);
- unindo a distância ao epicentro (escala A) com a amplitude máxima verificada (escala B), determina-se graficamente a magnitude, por intersecção desta recta com a escala central.



- 1 Calcule o intervalo de tempo que separa a chegada das ondas P e S, assinalando o valor obtido na escala A.
- 2 Indique a distância entre a estação sismográfica e o epicentro do sismo.
- 3 Assinale na escala B a amplitude máxima registada no sismograma.
- 4 Indique a magnitude deste sismo.
- 5 Calcule a energia libertada neste sismo, utilizando a fórmula da página anterior.

Retirado de:

Dias, A.G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2009). *Geologia 10*. Porto: Areal Editores.

ACTIVIDADE A ACTIVIDADE SÍSMICA E A FORMAÇÃO DE TSUNAMIS

Às 7h59 (0h59 em Lisboa), do dia 26 de Dezembro de 2004, um sismo de grau 9 na Escala de Richter, com epicentro no Oceano Índico, a 250 km da Ilha de Sumatra, na Indonésia, originou uma catástrofe sem precedentes, cujo número de vítimas nunca será apurado ao certo. Pelo menos 250 000 pessoas morreram na sequência deste sismo e do maremoto que se lhe seguiu, que percorreu todo o Índico, do sudeste asiático à África Oriental, afectando 13 países (Indonésia, Malásia, Tailândia, Birmânia, Bangladesh, Sri Lanka, Índia, Maldivas, Somália, Quênia, Tanzânia, Seychelles e Madagáscar).

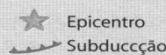


1 | Localização do epicentro e países afectados pelo tsunami.

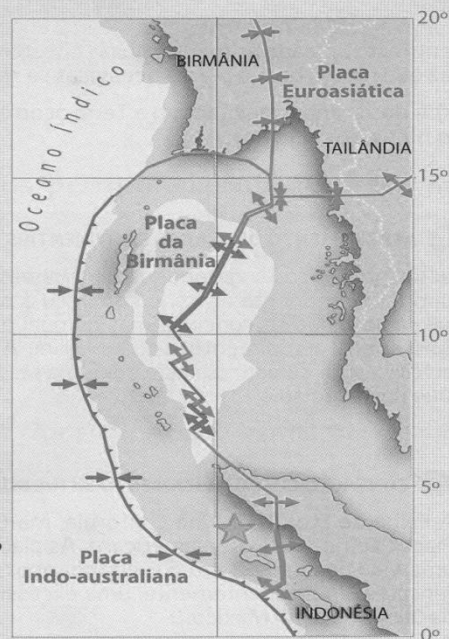
Na primeira zona a ser atingida, as ondas atingiram os 30 m de amplitude e, movendo-se entre 30 a 40 km/h, invadiram cerca de 4 km de Banda Aceh.

A formação do tsunami deveu-se a um movimento tectónico, no âmbito do complexo enquadramento geológico do sudeste asiático.

A interpretação deste sismo, com recurso a modelos computadorizados, sugere que a Placa Indo-australiana abateu cerca de 20 m em relação à Placa da Birmânia.



2 | Enquadramento tectónico e localização do epicentro do sismo.



(Continua na página seguinte.)

ACTIVIDADE A ACTIVIDADE SÍSMICA E A FORMAÇÃO DE TSUNAMIS

Admite-se que este movimento provocou a súbita elevação de oito metros do fundo oceânico, ao longo de cerca de 1200 km, deslocando um gigantesco volume de água que veio a originar o fatal maremoto.

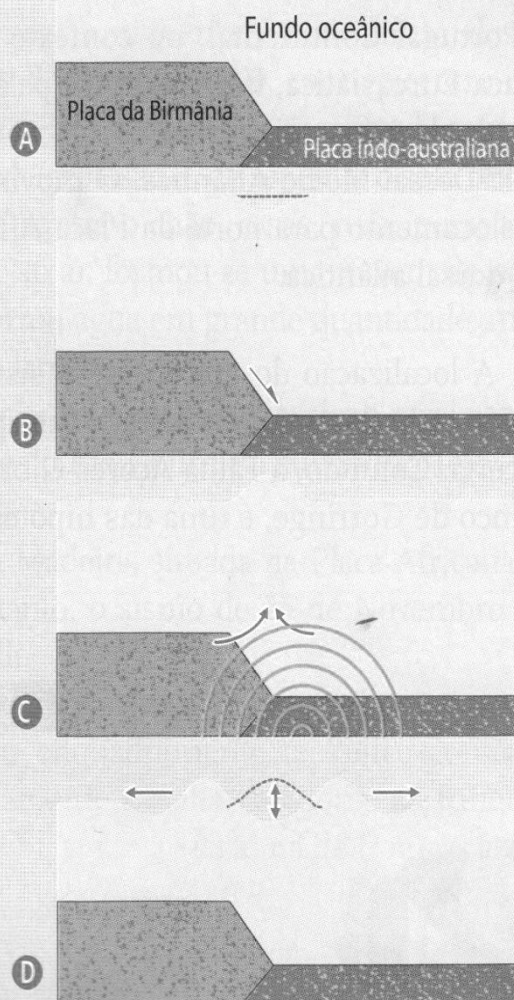
A energia sísmica libertada neste sismo foi tal que atrasou o movimento de rotação da Terra em cerca de três microssegundos e alterou a localização geográfica da Ilha de Sumatra, que se deslocou 20 m para sudoeste.

1 Com base nos dados da figura 1, caracterize o enquadramento geotectónico do sudeste asiático.

2 Classifique este sismo.

3 Explique a formação de tsunamis.

3.1 Proponha uma legenda para as letras A, B, C e D da figura que esquematiza a formação de um tsunami.



3 | Modelo de formação do tsunami na sequência do sismo com epicentro oceânico.

Retirado de:

Dias, A.G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2009). *Geologia 10*. Porto: Areal Editores.

ACTIVIDADE PREVISÃO SÍSMICA

Leia, atentamente, a seguinte notícia.

Geólogo prevê sismo com data marcada

De acordo com os mais recentes modelos matemáticos de previsão sísmica, o próximo grande tremor de terra no Arquipélago dos Açores deverá ocorrer entre Abril de 2002 e Fevereiro de 2003, com magnitude 6 e epicentro na Ilha Terceira.

Esta é a previsão de uma equipa de geólogos da Universidade de Coimbra [...], que, desde o início da década de 90, tem vindo a desenvolver um complexo método matemático [...]; este modelo, inovador à escala mundial, é muito semelhante às técnicas que recorrem à inteligência artificial – já com aplicações na Medicina, Defesa, Finanças, Meteorologia e nas Telecomunicações.

Esta equipa de investigadores chegou mesmo – em Outubro de 1996, num seminário restrito, realizado em Coimbra –, a prever a ocorrência de um sismo no grupo

central dos Açores para Fevereiro deste ano (com um intervalo de erro de mais ou menos cinco meses), com magnitude entre os graus 6 e 7 na Escala de Richter. Os geólogos praticamente “acertaram” no sismo de 9 de Julho de 1998, com epicentro a dez quilómetros da Ilha do Faial e uma magnitude de 5,8 na Escala de Richter. A decisão de não divulgar publicamente esta previsão resultou, por um lado, por o método se encontrar ainda em evolução e afinações para diminuir a margem de erro da previsão e, por outro, porque existe sempre o receio de adiantar previsões junto das populações sem certezas absolutas. Contudo, o recente sismo do Faial confirmou que o método tem potencialidades para vir a ser utilizado no reforço da monitorização e protecção civil na fase final da acumulação de tensões que precedem um grande sismo.

Expresso, 8 de Agosto de 1998
(adaptado)

- 1 Discuta prós e contras da divulgação da previsão de sismos.
- 2 Defina, por palavras suas, monitorização sísmica.

Retirado de:

Dias, A.G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2009). *Geologia 10*. Porto: Areal Editores.

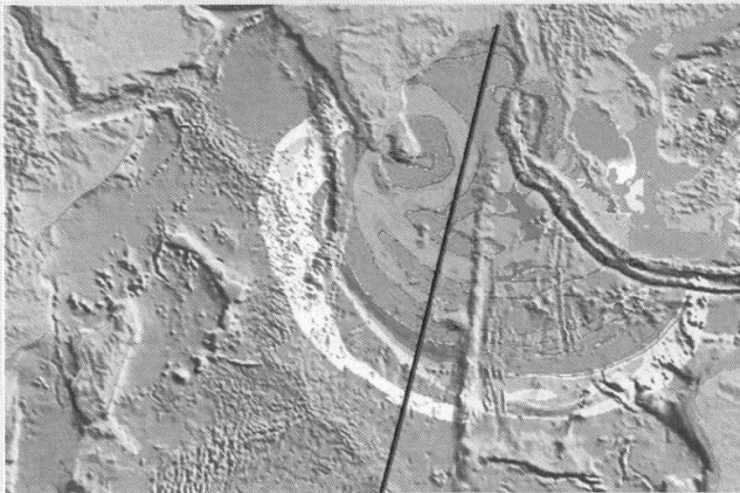
ACTIVIDADE PERIGO SÍSMICO DE UM TSUNAMI

Uma particularidade dos tsunamis, que ficou claramente documentada aquando do terramoto do sudeste asiático, do dia 26 de Dezembro de 2004, é o dramático recuo das águas que, num curto período de tempo, põe a descoberto rochas e estruturas habitualmente submersas a vários metros de profundidade. Numa zona relativamente pouco inclinada, esse recuo pode atingir 800 m na horizontal. Este recuo das águas ocorre no intervalo de tempo entre a crista e a cava de um tsunami. As imagens ao lado são fotografias de satélite de uma praia no Sri Lanka, antes do tsunami de 26 de Dezembro de 2004.

(Continua na página seguinte.)



A contabilidade deste tsunami é assustadora: cerca de 250 000 mortos, 125 000 feridos, 51 498 desaparecidos e mais de 1 milhão de desalojados. O sismo que o originou começou por volta das 7h59 da manhã, hora local, no sudeste asiático, e logo inúmeras estações sísmicas, espalhadas pelo globo, identificaram o seu epicentro e calcularam a sua magnitude. Estas informações foram encaminhadas para o Centro de Alerta de Tsunamis do Pacífico, no Havai.



2 | Propagação do tsunami no Índico (26 de Dezembro de 2004).

Desde 1949 que os Estados Unidos e o Japão mantêm e aperfeiçoam, no Havai, um centro de detecção e alerta de maremotos. No Pacífico, onde ocorrem 85% dos tsunamis do mundo, estão colocados no fundo do oceano, sensores de variação de pressão – designados tsunâmetros – que detectam e alertam a eventual formação de tsunamis.

A inexistência desta tecnologia no Oceano Índico não permitiu a confirmação da formação de um tsunami na sequência deste sismo. Por outro lado, a inexistência de uma rede de informação/comunicação sísmica com as áreas afectadas (Ásia e África) também não permitiu avisar as populações do risco eminente, apesar do tsunami ter demorado cerca de duas horas a atingir as áreas mais afectadas.

A tragédia que então ocorreu despertou consciências, não só da comunidade científica, como da população em geral, para um facto importante: com a explosão demográfica nas regiões costeiras do mundo inteiro, os tsunamis representam um perigo maior do que nunca.

- 1 Indique o funcionamento do centro de alerta de tsunamis do Havai.
- 2 Discuta as consequências da inexistência de um centro de alerta de tsunamis:
 - 2.1 no Oceano Índico;
 - 2.2 no Atlântico Norte.

Retirado de:

Dias, A.G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2009). *Geologia 10*. Porto: Areal Editores.

Proposta de trabalho:

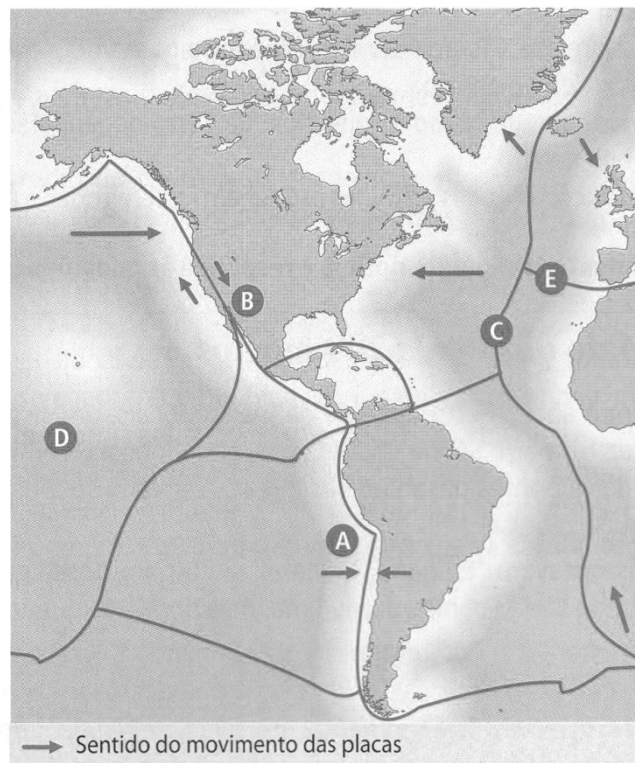
No final desta unidade, propõe-se que elabores um trabalho de pesquisa que te permita avaliar o risco sísmico da península de ...

Para tal, consulta, entre outros documentos, a carta portuguesa de isossistas de intensidade máxima e a carta geológica de ...

Nota:

tem em conta que ... é uma Península estando ligada por um istmo ao continente
analisa a localização de edifícios básicos em situação de catástrofe

- 1 O diagrama seguinte representa algumas placas tectónicas e a respectiva direcção de movimento.



- 1.1 Explique por que razão às zonas assinaladas com as letras A, B e C se associa intensa actividade sísmica.
- 1.2 Indique a origem da actividade sísmica:
- 1.2.1 em A;
 - 1.2.2 em B.
- 1.3 Com base nos dados da figura, indique uma causa para a existência de actividade sísmica no sul de Portugal.
- 1.4 O ponto D representa o epicentro de um sismo detectado por um sismógrafo X situado a 500 km de distância.
- 1.4.1 Justifique por que razão a intensidade de um sismo é máxima no epicentro.
 - 1.4.2 Refira, justificando, quais as ondas sísmicas internas registadas por:
 - a) um sismógrafo localizado num barco navegando neste oceano;
 - b) um sismógrafo localizado em B;
 - c) determine a magnitude de Richter deste sismo, sabendo que a amplitude máxima registada pelo sismógrafo X foi de 50 mm (utilize as escalas da actividade da página 187).
- 1.5 Explique os factos:
- 1.5.1 na sequência deste sismo muitos peixes morreram;
 - 1.5.2 às primeiras vibrações do solo associou-se um ruído de fundo ouvido até grande distância do epicentro.

6 Classifique as afirmações que se seguem em verdadeiras (V) ou falsas (F).

- a) O foco é um local da superfície terrestre onde as vibrações sísmicas são de maior amplitude.
- b) As ondas sísmicas são apenas detectadas pelos sismógrafos situados nas proximidades do epicentro.
- c) A intensidade de um sismo à superfície da Terra depende somente da distância ao epicentro.
- d) A partir do foco, as ondas sísmicas propagam-se em todas as direcções.

7 Leia, atentamente, a seguinte notícia e responda às questões que se seguem.

27 de Maio de 2006, 6200 mortos

Primeiro foi o abalo. Perto das seis da manhã locais, um sismo de magnitude 6,3 faz tremer o sul da ilha de Java, na Indonésia. Centenas de edifícios, estradas e pontes desabam por inteiro. Seguem-se momentos de pânico e de fuga caótica.

As pessoas gritavam “tsunami, tsunami” e corriam descalças, fugiam de motorizada, de táxi. O pânico durou uma meia hora/três quartos de hora.

Apesar de estar longe da dimensão dramática do sismo e do maremoto que, a 26 de Dezembro de 2004, atingiu o sudeste asiático, o presente sismo da ilha de Java entra na história da região como o pior desastre desde a catástrofe de 2004.

Público, 28 de Maio de 2006 (adaptado)

- 7.1** A que se deve o pânico manifestado pela população de Java, na sequência do abalo sísmico?
- 7.2** Explique a formação de um tsunami.
- 7.3** Caracterize, tectonicamente, os sismos geradores de tsunamis.

8 Leia, com atenção, a seguinte notícia.

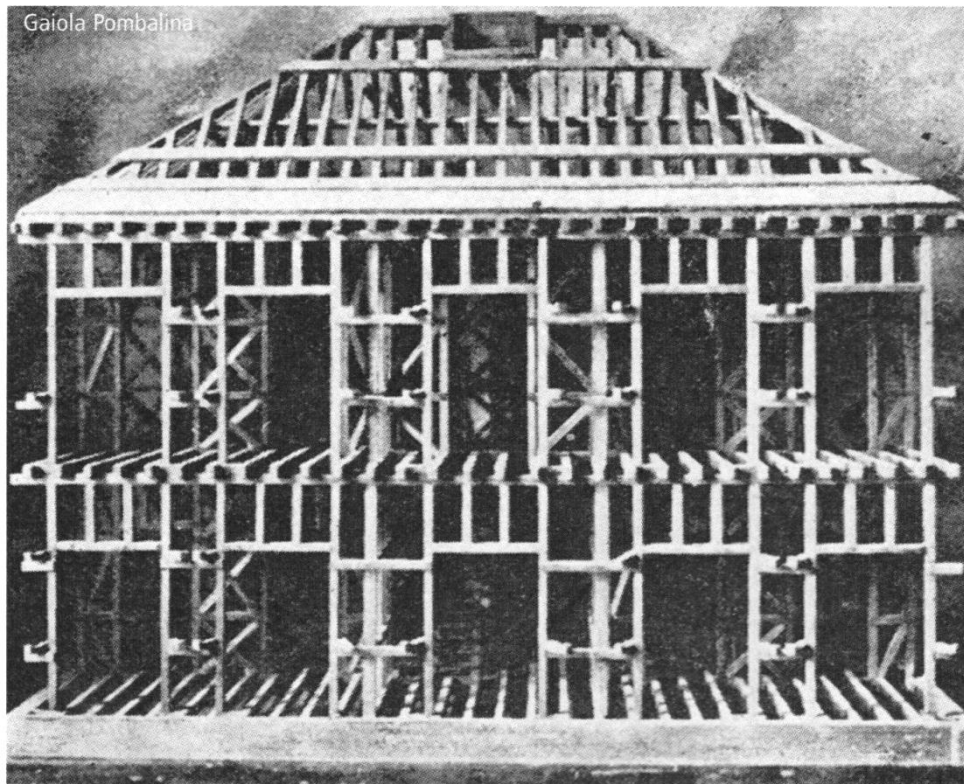
Notícia de última hora

O Instituto de Meteorologia informa que no dia 12/02/2007 pelas 10h36 [hora local] foi registado nas estações da Rede Sísmica do Continente, um sismo de magnitude 5,8 e cujo epicentro se localizou a cerca de 160 km a SW de Cabo S.Vicente.

Este sismo, de acordo com a informação disponível até ao momento, foi sentido com intensidade máxima V na região do Barlavento Algarvio e não causou estragos nas construções de média qualidade. Foi ainda sentido no Alentejo e na Região de Lisboa com a intensidade IV.

Se a situação o justificar serão emitidos novos comunicados.

- 8.1** Caracterize tectonicamente este sismo.
- 8.2** Explique por que razão o sismo foi sentido em Lisboa e em vários distritos do centro e sul do País [Leiria, Santarém, Setúbal, Évora, Beja e Faro].
- 8.3** Distinga as escalas de Mercalli e de Richter.
- 8.4** Caracterize a intensidade do sismo no Barlavento Algarvio, no Alentejo e em Lisboa.
- 8.5** Explique o reduzido efeito deste sismo no território português tendo em conta que a sua magnitude é considerada moderada.
- 9** Os edifícios construídos após o Terramoto de Lisboa de 1755 representam um marco importante na engenharia sísmica, sendo constituídos por uma estrutura tridimensional de madeira no seu interior (gaiola pombalina), que não é visível por se encontrar embebida nas paredes de alvenaria, mas que permite a absorção de energia aquando da ocorrência de um sismo. Este princípio era já aplicado na construção naval – a existência de uma estrutura tridimensional de madeira, formada por peças deformáveis e resistentes à tracção e à compressão, permite que os barcos se comportem como um todo articulado entre si.



- 9.1** Defina construção anti-sísmica.
- 9.2** Explique a importância da construção anti-sísmica.
- 9.3** Comente a afirmação, com base nos dados fornecidos: “A inovação tecnológica numa determinada área resulta, com frequência, da apropriação de conhecimento científico-tecnológico de outras áreas”.

Retirado de:

Dias, A.G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2009). *Geologia 10*. Porto: Areal Editores.

ACTIVIDADE ETAPAS DA FOTOSSÍNTESE

Experiência A

Colocaram-se algas verdes, do género *Chlorella*, num meio contendo dióxido de carbono marcado com carbono radioactivo (^{14}C).

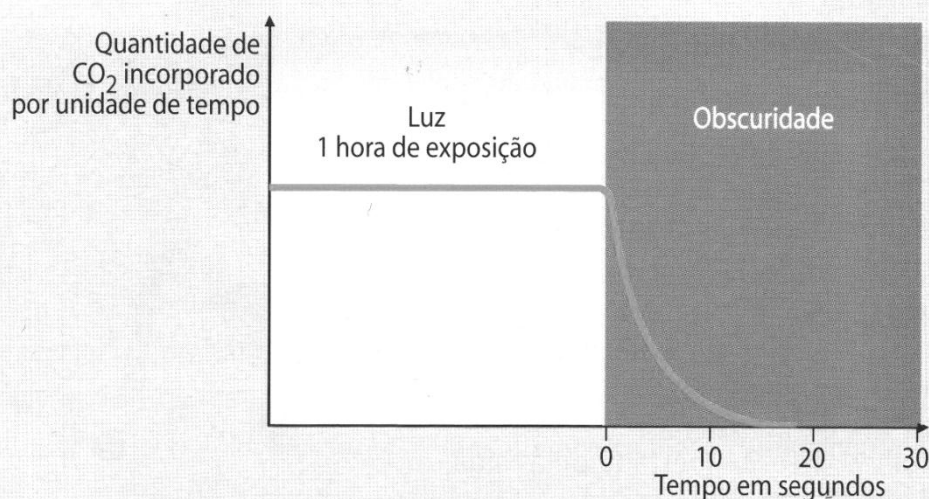
Verificou-se que as substâncias sintetizadas no decurso da fotossíntese apresentavam radioactividade.

Experiência B

A uma suspensão de algas, fortemente iluminada, foi fornecido dióxido de carbono radioactivo ($^{14}\text{CO}_2$).

Após uma hora de iluminação, as algas foram colocadas na obscuridade, verificando-se que o CO_2 continuava a ser absorvido durante 15 a 20 segundos.

Se a iluminação inicial não se fizer durante pelo menos uma hora, a incorporação de CO_2 cessa assim que se transferem as algas para a obscuridade.



- 1 O que pode concluir dos resultados da experiência A?
- 2 Para que se inicie o processo fotossintético, é necessário luz? Justifique a sua resposta.
- 3 A incorporação de CO_2 depende directamente da acção da luz? Justifique a sua resposta.

Retirado de:

Dias, A.G., Guimarães, P., & Rocha, P. (2009). *Geologia 10*. Porto: Areal Editores.

Unidade 1: Obtenção de matéria

Tema: Obtenção de matéria pelos seres autotróficos

Nome: _____ Nº: _____ Turma: _____

Actividade laboratorial

Extração de pigmentos fotossintéticos

O processo de maceração permite a destruição do tecido vegetal e a aplicação do solvente orgânico (álcool etílico ou acetona) permite a extração dos pigmentos fotossintéticos, uma vez que as clorofilas e os carotenóides são solúveis em solventes orgânicos.

As clorofilas são moléculas globalmente neutras, dissolvendo-se em solventes apolares (por exemplo, o benzeno); os carotenóides isolados também são moléculas neutras, mas, nas plantas, aparecem frequentemente ligados a proteínas e glicídios, formando misturas de maiores dimensões, com alguma polaridade. Por este motivo, dissolvem-se melhor no álcool, molécula mais polar que o benzeno.

A separação destes pigmentos faz-se por capilaridade através de papel de filtro, obtendo-se um cromatograma. O solvente sobe por capilaridade e arrasta os diferentes pigmentos que ficam depositados no papel de filtro a diferentes níveis, ficando, assim, separados.

Ao fim de algum tempo conseguem distinguir-se diferentes pigmentos através das cores:

- clorofila *a*, de cor verde intensa (verde escura);
- clorofila *b*, de cor verde-amarelada;
- xantofilas, de cor amarela;
- carotenos, de cor alaranjada.

Um grupo de alunos, do 10.º ano, planeou uma actividade experimental relacionada com a extração de pigmentos fotossintéticos de algumas plantas. Lê, com atenção, o material que utilizaram e o procedimento que construíram e implementaram.

MATERIAL:



- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| - folhas de espinafres; | - 4 caixas de petri; |
| - folhas de couve roxa; | - 4 discos de papel de filtro; |
| - 4 almofarizes; | - papel de cromatografia; |
| - 4 funis; | - etanol (álcool etílico); |
| - 4 tubos de ensaio; | - água destilada. |

□

PROCEDIMENTO:

1. Cortaram as folhas de espinafres em pequenos pedaços.
2. Trituram cerca de metade no almofariz com um pouco de álcool e a outra metade noutro almofariz, com água.
3. Repetiram o procedimento 1 e 2 para as folhas de couve roxa.
4. Numeraram 4 tubos de ensaio e **filtraram** os extractos obtidos para cada um dos tubos:

tubo 1 – espinafres + álcool;

tubo 3 – couve roxa + álcool;

tubo 2 – espinafres + água;

tubo 4 – couve roxa + água.

5. Deitaram os filtrados em caixas de Petri devidamente identificadas e colocaram no seu interior o papel de filtro dobrado, de forma a ficar estabilizado (A e B - filtrado de espinafres; C e D- filtrado de couve roxa);
6. Deixaram repousar durante aproximadamente 10 minutos.
7. Observaram e registaram os resultados.

Tópicos de discussão:

1. Elabora um possível problema que tenha estado na origem do trabalho experimental elaborado pelos teus colegas.
2. Prevê os resultados obtidos pelos teus colegas para o cromatograma correspondente a cada um dos tubos 1, 2, 3 e 4.
 - 2.1. Fundamenta as tuas previsões.
3. Executa a actividade experimental, de acordo com o procedimento elaborado pelos teus colegas. Apresenta os resultados, em quadro e/ou esquema, identificando para cada cromatograma, os pigmentos que consegues diferenciar.
4. Compara a tua previsão com os resultados obtidos. Consideras necessário repensar a tua previsão inicial?
5. Procura explicar os resultados obtidos para cada cromatograma, não te esquecendo de apresentar uma possível explicação para as posições ocupadas pelos pigmentos nos diferentes cromatogramas.

Unidade 1: Obtenção de matéria pelos seres vivos

Tema: Obtenção de matéria pelos seres autotróficos

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____

Atividade de investigação

Observação da fluorescência da clorofila

Dados:

A luz branca é composta por um conjunto de ondas electromagnéticas de todos os comprimentos de onda do espectro visível (abrangendo do violeta - aproximadamente 380 nm – ao vermelho - aproximadamente 750 nm). A figura 1 representa o espectro electromagnético, evidenciando as radiações visíveis pela visão humana.

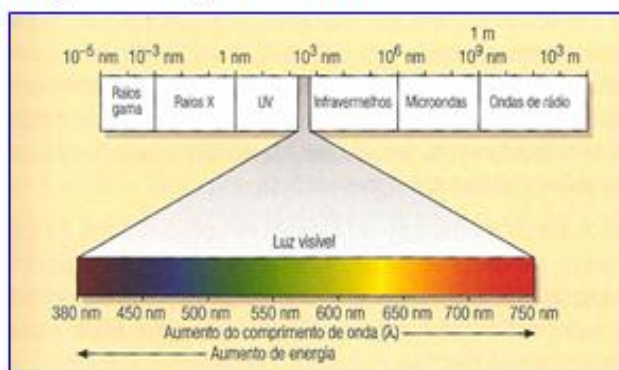


Figura 1. Espectro electromagnético¹.

Muitas das lâmpadas de luz branca (100W) emitem também radiação ultravioleta, cujo comprimento de onda é inferior a 400nm.

Quando um fóton (partícula de energia da radiação electromagnética) incide numa molécula com capacidade para o captar (por exemplo, pigmentos fotossintéticos), a energia que ele transporta é usada por alguns electrões dessa molécula que passam, assim, para níveis energéticos superiores, afastando-se do núcleo. Este processo, que dura menos de 10^{-15} segundos, faz com que a molécula fique no “estado excitado”. A figura 2 esquematiza a excitação molecular provocada pela absorção de luz.

Quanto menor o comprimento de onda, maior a energia que o fóton transporta. A energia captada pode ser emitida sob a forma de luz (fluorescência), de calor, ou ambas, fazendo a molécula voltar ao estado de menor energia – estado fundamental.

As substâncias fluorescentes ao absorverem radiação na gama do ultravioleta emitem-na quase instantaneamente, contudo, devido à perda de parte da energia, a radiação emitida tem um comprimento de onda superior à radiação absorvida, situada na zona do visível.

¹ Para visualização das cores consulta a figura 3 da página 88 do manual.

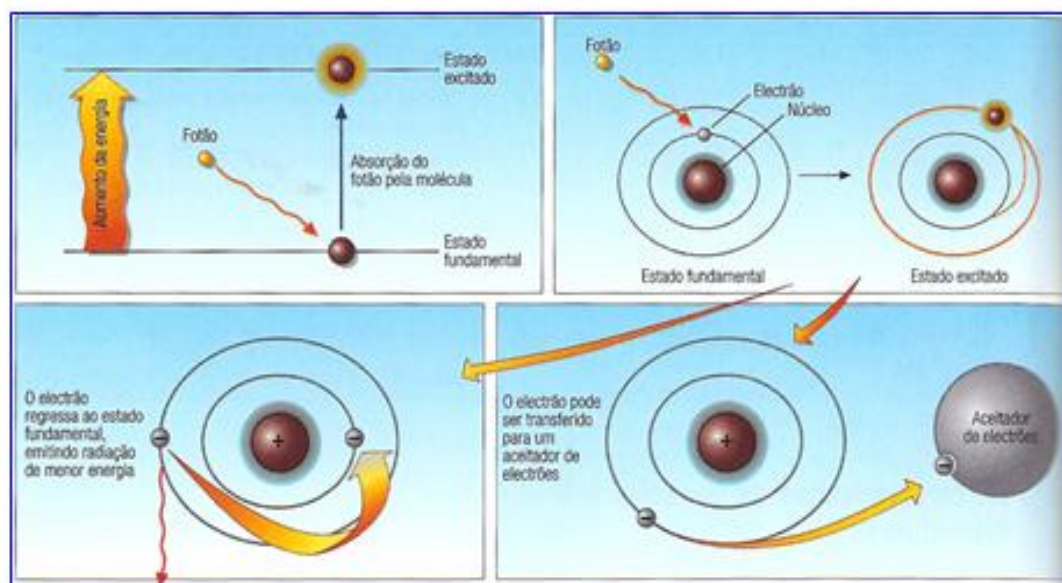


Figura 2. A absorção de luz pelas moléculas pode provocar a sua excitação molecular.

Nos cloroplastos encontram-se os pigmentos fotossintéticos, moléculas responsáveis pela captura da energia solar utilizada na fotossíntese. Se a energia transmitida pelo fóton for muito elevada, o electrão pode ser transferido para uma outra molécula aceitadora de electrões, ou seja, os electrões excitados podem ser cedidos a outras moléculas vizinhas.

Uma molécula excitada reagindo com outra, cede-lhe um electrão, tal como sucede na fotossíntese. Nesta situação não ocorre fluorescência.

Quando uma molécula perde um electrão a sua carga elétrica aumenta (por exemplo, pode passar de nula para positiva), ficando oxidada. O aceitador de electrões, pelo contrário, fica reduzido. O aceitador de electrões, como provoca a oxidação do outro composto, denomina-se agente oxidante. Este conjunto de reações designa-se por oxidação - redução.

Triturando folhas verdes (de espinafres, de agriões ou de outras plantas verdes), num almofariz com um pouco de areia e adicionando um solvente orgânico, como por exemplo, a acetona, o álcool ou o éter, obtém-se uma solução de “clorofila bruta” que contém vários pigmentos fotossintéticos que, assim, foram libertados dos cloroplastos.

1. Elabora um possível problema que estes dados te sugiram.
2. Formula a(s) hipótese(s) que te permita(m) responder ao problema inicial.
3. Planeamento da atividade experimental:
 - 3.1 Planeia uma atividade experimental que te permita responder ao problema que elaboraste.

Para isso, elabora o protocolo experimental, com o material que efetivamente vai ser usado e o modo de proceder, com a descrição detalhada e explícita da metodologia para a execução do trabalho, de forma a permitir a repetição correta dos ensaios por quem nisso fique interessado.

3.2 O que prevês obter como resultado da atividade experimental que construístes?

3.2.1 Fundamenta a tua previsão.

3.3. Chama a tua professora e discute a planificação que elaboraste.

3.4. Executa o protocolo que planeaste em 3.1.

4. Regista os resultados.

5. Compara a tua previsão com os resultados obtidos. Consideras necessário repensar a tua previsão inicial?

6. Interpreta os resultados. Recorre a bibliografia, em caso de necessidade.

7. Indica quais as variáveis (dependente e independente) envolvidas no trabalho.

8. Tira conclusões (Houve confirmação da hipótese? Como respondes ao problema inicial?).

9. Que outras questões/investigações os resultados obtidos suscitam? Procura prever os resultados para essas questões e fundamenta essas previsões.

10. Comunica a(s) conclusão(ões) do trabalho realizado pelo teu grupo. Para tal, elabora uma apresentação em powerpoint em que explicites todo o processo desenvolvido e fundamentes, com dados, as conclusões obtidas.

11. Elabora um relatório científico, onde analyses criticamente a investigação que realizaste.